

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Strategická analýza regionálních letounů se středně  
dlouhým doletem**

**Strategic Analysis of Regional Mid-Range Aircraft**

Student:

Bc. Patrik Matzke

Osobní číslo:

MAT0308

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Hoříňka

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Institut dopravy

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Patrik Matzke**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie  
Specializace: 40 Letecká doprava  
Téma: **Strategická analýza regionálních letounů se středně dlouhým doletem**  
**Strategic Analysis of Regional Mid-Range Aircraft**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Provést analýzu vhodnosti použití regionálních proudových letadel A220/E190 a jejich komparaci s klasickými proudovými letouny pro středně dlouhé tratě.

Osnova:

1. Úvod – motivace k řešení.
2. Analýza trhu regionálních letounů se středním doletem.
3. Charakteristika potenciálních letounů z hlediska jejich základních parametrů ovlivňujících výběr.
4. Teoretická východiska řešení - metoda MCA.
5. Realizace výběru metodou MCA.
6. Výběr ekonomicky optimální varianty pořízení letounu.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

FIALA, Petr, Josef JABLONSKÝ a Miroslav MAŇAS. Vícekriteriální rozhodování. Praha: VŠE, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.

BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. Modely pro vícekriteriální rozhodování. Praha: ČZU, 2003. 178 s. ISBN 80-213-1019-7.

JANOUSEK, Karel, Dagmar FITŘÍKOVÁ a Jiří ROD. Letoun v podnikání. Praha: ASPI, 2005. Otázky & odpovědi z praxe. ISBN 80-7357-143-9.

PLOCH, Jindřich, Jiří PAVLOVSKÝ a Karel HOLBA. Management leteckých podniků: způsoby pořizování dopravních letadel. Praha: Vysoká škola obchodní v Praze, 2014. ISBN 978-80-86 841-48-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Hoříňka**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



---

prof. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry



---

prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020



.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020

Podpis autora práce

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

MATZKE, P. *Strategická analýza regionálních letounů se středně dlouhým doletem: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2020, 68 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Hoříňka.

Diplomová práce se zabývá posouzením konkurenceschopnosti letounů Airbus A220 a Embraer E190 a jejich komparaci s klasickými proudovými letouny pro středně dlouhé tratě. V první části práce je popsána aktuální situace na trhu, strategie leteckých společností a způsoby pořízení letadel, na které navazuje charakteristika jednotlivých typů letadel a kritérií ovlivňujících výběr. Následně je popsána metodika výběru pomocí multikriteriální analýzy. Druhá část je věnována výběru nejvhodnější varianty letounu, jejíž nedílnou součástí je posouzení konkurenceschopnosti nově příchozích letounů v kategorii regionálních proudových letounů na středně dlouhé tratě.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

MATZKE, P. *Strategic Analysis of Regional Mid-Range Aircraft: Master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institut of Transport, 2020, 68 p. Thesis head: Ing. Jiří Hoříňka.

The thesis deals with the assessment of the competitiveness of the Airbus A220 and Embraer E190 and their comparison with the classic jet aircraft for medium-range flights. The first part of the thesis describes the current situation on the aviation market, the strategy of the airlines and the ways of acquisition of aircraft, which is followed by the characteristics of individual aircraft types and the criteria influencing the selection. Integral part of this thesis is the description of the methodology of selection using multi-criteria analysis. The second part is devoted to the selection of the most appropriate variants of the airplane, whose integral part is the assessment of the competitiveness of the newly arrived aircraft in the category of regional jet aircraft on medium-range flights.

## **Poděkování**

Na počátku své práce bych velmi rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Hořínkovi, vedoucímu této diplomové práce, za mnoho cenných rad na konzultacích. Dále děkuji firmě Air Dispatch s.r.o. za odbornou pomoc a poskytnutí potřebných dat.

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>10</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Analýza trhu regionálních letounů se středním doletem.</b> .....	<b>12</b>
1.1. Strategie letecké společnosti.....	14
1.2. Popis procesu změny flotily .....	14
1.3. Způsoby pořízení letadel .....	15
1.3.1. Přímé vlastnictví provozovatelem .....	16
1.3.2. Finanční leasing .....	16
1.3.3. Operativní pronájem .....	18
1.3.4. Wet leasing .....	19
<b>2. Charakteristika potenciálních letounů z hlediska jejich základních parametrů ovlivňujících výběr</b> .....	<b>20</b>
2.1. Vybrané varianty a jejich popis.....	20
2.1.1. Airbus A220-100 .....	20
2.1.2. Airbus A220-300 .....	21
2.1.3. Embraer E190 – E2.....	22
2.1.4. Embraer E195 – E2.....	24
2.1.5. Airbus A319 NEO .....	25
2.1.6. Airbus A320 NEO .....	27
2.1.7. Boeing B737 MAX 7 .....	28
2.1.8. Boeing B737 MAX 8 .....	29
2.2. Zvolená kritéria ovlivňující výběr varianty.....	30
2.2.1. Kritérium č. 1 – MTOW .....	30
2.2.2. Kritérium č. 2 – Cestovní rychlost.....	31
2.2.3. Kritérium č. 3 – Kapacita pasažérů .....	32
2.2.4. Kritérium č. 4 – Kapacita paliva .....	33
2.2.5. Kritérium č. 5 – Spotřeba paliva .....	34



2.2.6.	Kritérium č. 6 – Spotřeba paliva na sedadlo.....	35
2.2.7.	Kritérium č. 7 – Dolet.....	36
2.2.8.	Kritérium č. 8 – Dostup.....	37
2.2.9.	Kritérium č. 9 – Payload.....	37
2.2.10.	Kritérium č. 10 – Pořizovací cena .....	38
<b>3.</b>	<b>Teoretická východiska řešení – metoda MCA.....</b>	<b>40</b>
3.1.	Vymezení variant .....	42
3.2.	Vymezení kritérií hodnocení variant .....	43
3.3.	Způsob hodnocení variant .....	44
3.4.	Metody stanovení vah kritérií .....	45
3.4.1.	Metody přímého stanovení vah .....	46
3.4.2.	Metoda postupného rozvrhu vah.....	47
3.4.3.	Metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnávání .....	47
3.5.	Jednoduché metody stanovení hodnoty variant.....	48
<b>4.</b>	<b>Realizace výběru metodou MCA.....</b>	<b>50</b>
4.1.	Vstupní varianty a kritéria .....	50
4.2.	Metoda bodovací stupnice .....	52
4.3.	Metoda AHP – Saatyho model.....	53
4.4.	Metody stanovení hodnoty variant – 4 varianty .....	55
4.5.	Metody stanovení hodnot variant – 8 variant.....	59
<b>5.</b>	<b>Výběr ekonomicky optimální varianty pořízení letounu .....</b>	<b>62</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>63</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>65</b>
	<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů.....</b>	<b>67</b>

## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický název	Český název
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu
AHP	Analytic Hierarchy Process	Saatyho metoda
MTOW	Maximum Take Off Weight	Maximální vzletová hmotnost
ACMI	Aircraft Crew Maintenance and Insurance	Pronájem letadla s posádkou, pojištěním a údržbou
NEO	New Engine Option	Nová generace motorů

## Úvod

Tato práce se zabývá výběrem letounů pro leteckou společnost dle aktuálních požadavků a současných trendů. Cílí především na začínající společnosti, které obsluhují regionální sektor, případně na velké aerolinie, které mají zájem optimalizovat flotilu na letech s nižším vytížením. Struktura letadlového parku musí odpovídat strategii rozvoje sítě leteckého dopravce, a musí brát v úvahu všechny jeho požadované parametry.

V následujících kapitolách budou popsána kritéria leteckého dopravce a budou uvedeny vhodné varianty letounů. Součástí práce je také popis metod, které budou využívány v rozhodovacím procesu a jejich praktické uplatnění. Hlavním přínosem této práce je posouzení konkurenceschopnosti regionálních proudových letounů Airbus A220 a Embraer E190 a současně jejich porovnání s klasickými proudovými letouny pro středně dlouhé tratě.

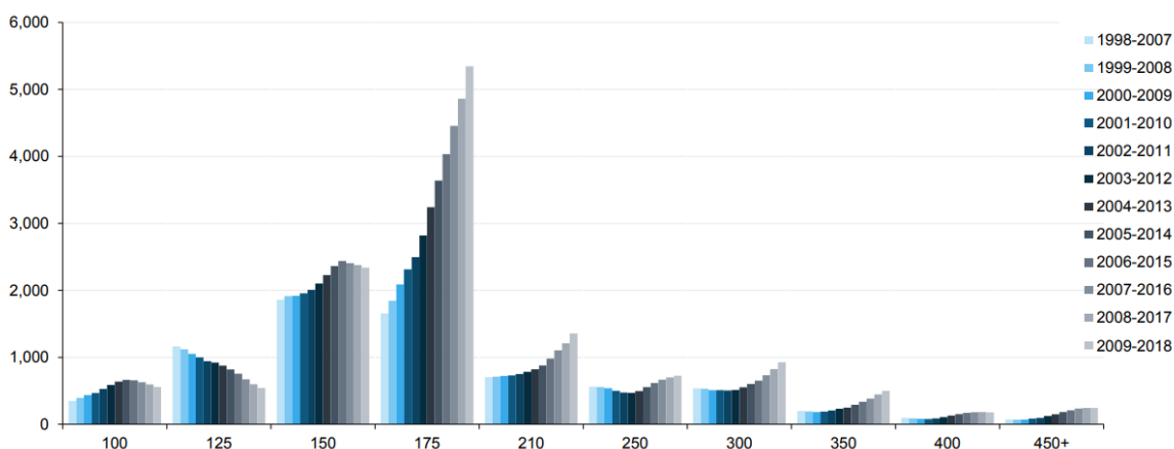
V praktické části bude za využití metod multikriteriální analýzy realizován výběr nejvhodnější varianty na základě souboru výběr ovlivňujících kritérií. A následně budou v závěru práce vyhodnoceny výsledky rozhodování a zároveň budou popsána určitá úskalí související s aktuální situací v rámci letecké dopravy.

## 1. Analýza trhu regionálních letounů se středním doletem.

Koncem devadesátých let minulého století vyústila tzv. deregulace letecké dopravy vytvořením jednotného evropského leteckého nebe a také značně zjednodušila podmínky vstupu na letecký trh, zapříčinila celkový rozmach aerolinií, což zvýšilo konkurenci mezi leteckými společnostmi. Důsledkem této situace bylo snížení cen přepravy stejně jako snižování provozních nákladů za účelem poskytování konkurenceschopných přepravních tarifů. Mnoho aerolinií začalo poskytovat své služby v rámci celé Evropské unie a vytvořila se síť hubů velkých leteckých společností.

S neustále narůstajícím počtem leteckých společností však došlo ke strukturalizaci a následně vlivem postupné konsolidace k redukci jejich počtu. Tento jev byl později umocněn s příchodem nízkonákladových leteckých společností, jenž poskytovaly dostupnější služby pro cestující. Poskytnutím práva na kabotáž se konkurence mezi jednotlivými leteckými dopravci v rámci Evropské unie značně zvýšila, především proto, že kabotáž umožnila komplexní poskytování služeb na regionálních trzích, což se jevilo jako příležitost právě pro nízkonákladové společnosti, které na rozdíl od klasických dopravců získaly velký podíl na trhu, především proto, že zahrnovaly širší spádové oblasti s nižší frekvencí obsluhy. V neposlední řadě také nízkými cenami letenek, což zajistilo zvýšení poptávky. [1]

V posledních letech se mění struktura dodaných typů letadel v rámci Evropského trhu. S rostoucí konkurencí na vnitroeuropejských trasách narůstá i počet jednouličkových proudových letounů na úkor širokotrupých letounů na dlouhé tratě. Airbus zaznamenal nárůst dodaných letounů v kategorii do 175 sedadel v rámci desetileté periody. [2]

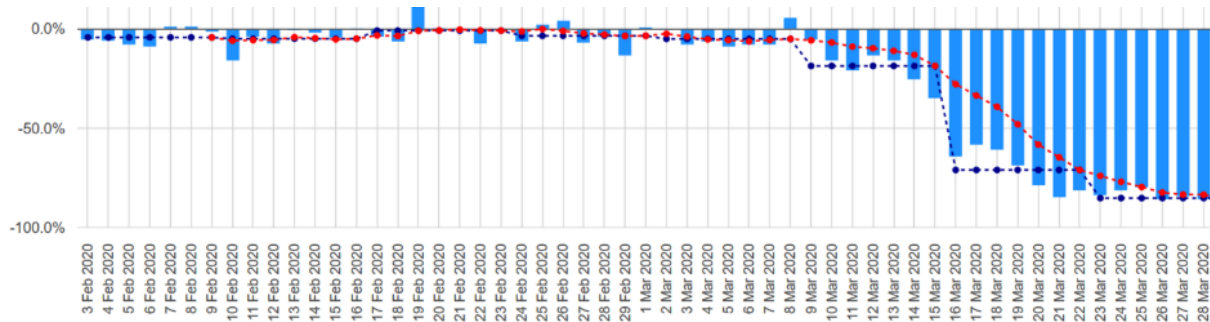


Graf 1: Růst dodávek letounů s kapacitou okolo 175 sedadel [2]

V souvislosti s neočekávanou pandemií Covid-19 zaznamenal letecký byznys velký propad a aerolinky po celém světě byly nuceny omezit nebo zcela přerušit provoz. Značná část aerolinek musela odložit dodání objednaných letadel nebo objednávky stornovat.

Značná část leteckých společností zavedla úsporná opatření s cílem minimalizovat ekonomické ztráty způsobené pandemií. Jedná se zejména o optimalizaci provozních nákladů, omezení výdajů na probíhající či plánované projekty, redukce v letovém řádu, ale také snížení mzdových nákladů nebo pozastavení nábory nového personálu.

Dostupné informace Eurocontrolu uvádí, že oblastní středisko řízení letového provozu v Praze zaznamenalo k 28. březnu pokles provozu o 86,7 %. V tento den bylo v rámci českého vzdušného prostoru zaznamenáno 331 pohybů, přičemž loňský rok bylo v ten samý den zaznamenáno 2 095 pohybů. Letiště v Praze zaznamenalo k 28. březnu 57 pohybů, loňský rok v tento den bylo zaznamenáno 407 pohybů. [3]



*Graf 2: Pokles provozu vlivem pandemie Covid-19 [3]*

Tato ekonomická krize však s sebou nese i jistá pozitiva pro budoucí rozvoj segmentu regionálních letounů s podstatně ekonomičtějším provozem. Letecké společnosti budou nuceny optimalizovat své náklady, a s velkou pravděpodobností se budou změny týkat především letadlového parku a obsluhy na jednotlivých linkách. Současně můžeme očekávat zvýšení zájmu o letouny s menšími kapacitami a nižšími provozními náklady.

Větší poptávku lze očekávat i v dalších odvětvích letecké dopravy, jakou jsou například pozemní odbavení, plánování letů, vyvažování, či jiné služby, které si doposud mnoho leteckých společností zajišťovalo samo. Ačkoliv specializované firmy je dokážou nabídnout s mnohem vyšší efektivitou, a často také levněji. Tudíž lze předpokládat, že letecké společnosti budou tyto služby využívat mnohem častěji, než tomu bylo doposud.

## **1.1. Strategie letecké společnosti**

Strategie letecké společnosti při výběru letounu je jedním z nejvýznamnějších kroků, které aerolinka v průběhu své existence na trhu letecké dopravy učiní, poněvadž se jedná o rozhodnutí na velmi dlouhou dobu, jelikož efektivní využití letounu se pohybuje okolo 10 let. Pokud společnost učiní špatné rozhodnutí, může to mít své následky v budoucím obchodování, zejména v oblasti investic do nových projektů, rozšiřování linek, případně osvěžení leteckého parku. Neméně důležitá je také značka a pověst firmy, která úzce souvisí s použitou strategií a jakékoliv pochybení má značný vliv na poptávku a preference koncových zákazníků.

Letecké společnosti ve svých obchodních strategiích zohledňují primárně ekonomiku provozu, a sice spotřebu paliva, vytíženost na jednotlivých linkách nebo maximální vzletovou hmotnost, související s výši přistávacích a přeletových poplatků.

Velmi důležitý je také segment kvality, který zahrnuje například prostornost, vzhled kabiny, zábavní systém, případně jiné nadstandardní služby, které si svou pověstí získají zájem cestujících. Poptávku může zvýšit také modernizace flotily, investice do oblasti marketingu, profesionální vystupování palubního personálu a zákaznická podpora.

## **1.2. Popis procesu změny flotily**

Letadlový park každého provozovatele prochází po určité době obměnou. Hlavními impulsy těchto změn jsou v první řadě fyzické stáří letounů, zvýšené provozní náklady, změna kapacity letadel v souvislosti s poptávkou, případně oblíbenost jednotlivých typů. Samotný proces této obměny je zpravidla záležitostí několika měsíců až let a mnohdy vychází z dlouhodobých analýz leteckého trhu, politické a demografické situace, ale stejně se zabývá i aktuálními trendy a vývojem v oblasti nových technologií a inovací.

Také je třeba zohlednit i dobu dodání, která je závislá na mnoha faktorech, přičemž obvykle trvá minimálně dva roky, jelikož letouny musí projít certifikací a osvědčením o letové způsobilosti a zároveň čekací dobu, která je závislá na aktuální dostupnosti jednotlivých komponent, kapacit výroby a v neposlední řadě na výši poptávky. Čekací doba se může měnit v závislosti na preferencích jednotlivých zákazníků, kteří často obchodují s místy v pořadnících objednaných letounů.

### 1.3. Způsoby pořízení letadel

Pro leteckou společnost není nezbytné mít letoun ve svém vlastnictví, proto aby jej bylo možno užívat a generovat tak zisk. Existuje mnoho způsobů k získání letounu do svých služeb, přičemž velkou roli hraje součinnost leteckých dopravců, výrobců a finančních společností.

Letadlový park pro provoz letů pod hlavičkou leteckého dopravce lze rozšířit v zásadě dvěma způsoby. Jedním z nich je pořízení přímo do vlastní flotily, přičemž letecký dopravce nemusí být vždy skutečným vlastníkem tohoto letounu. Druhým pak forma pronájmu od jiného dopravce, jenž nad letounem stále drží plnou provozní kontrolu.

V případě pořízení letounu do vlastní flotily má dopravce uveden letoun v kmenovém stavu, což zahrnuje registraci v leteckém rejstříku země provozovatele, pokud není z daňových, celních nebo jiných důvodů vyžadováno jinak a za údržbu, provoz a obsluhu v souladu se svými standardy odpovídá dopravce. Tyto požadavky se mohou lišit podle nároků vlastníka letounu.

Letecká společnost, respektive provozovatel musí mít nad letounem plnou operační i technickou kontrolu, tudíž může být obsluhován pouze vlastním, dostatečně kvalifikovaným personálem, případně osobami delegovanými vlastníkem. V zásadě existují tři možnosti získání letounu do vlastních služeb:

- letadlo přímo ve vlastnictví provozovatele,
- letadlo pořízené formou finančního leasingu,
- letadlo pořízené formou operativního pronájmu („dry leasing“).

V případě pronájmu letounu od jiného dopravce, jenž drží nad letounem plnou operační i technickou kontrolu, vychází podmínky pronájmu služeb z dodaných letových hodin, případně nasmlouvaných letů. Dále jsou zde zahrnuty také náklady spojené s údržbou, pojištěním a v neposlední řadě kvalifikovaná posádka. [4]

### **1.3.1. Přímé vlastnictví provozovatelem**

Jedná se o nejjednodušší způsob pořízení letounu do vlastní flotily, jelikož provozovatel, respektive letecká společnost je zároveň také vlastníkem letounu. Provozování tohoto letounu je omezeno pouze národními předpisy, jenž definují požadavky na bezpečnost, kvalitu a kvalifikaci vlastního či dopravcem autorizovaného personálu, ale také zajištěním provozuschopnosti letounu programu údržby.

Registrace letounu je obvykle provedena v domovské zemi letecké společnosti a je na něm, jak zajistí dostatečné finanční prostředky na provoz a údržbu, jak bude letoun obsluhovat apod. Může však také s letounem a jeho jednotlivými částmi volně nakládat, což znamená, že jej může využít například k jištění úvěru nebo jej odprodat.

Existují dvě možnosti, jak se může letoun dostat do vlastnictví letecké společnosti. Buď do jeho vlastnictví přejde splacením finančního leasingu nebo přímým nákupem. Možné je také financování letounu pomocí úvěru s tím, že se letoun stává předmětem ručení a omezuje možnost vlastníka s letounem disponovat.

Avšak rizika spojená s potenciálním znehodnocením letounu vedla k tomu, že pořizování letounu formou úvěru bylo téměř zcela nahrazeno finančním leasingem. [4]

### **1.3.2. Finanční leasing**

Principem finančního leasingu je pořízení letounu prostřednictvím úvěru, kde předmětem jištění úvěru je samotný letoun. Hodnota letounu je tvořena především hodnotou letounu samotnou podle typu a jeho stáří i opotřebení na trhu, ale také způsobem zacházení s letounem a průběžným zajištěním provozuschopnosti.

U této formy leasingu je vlastníkem letounu až do doby jeho splacení leasingová společnost, která snadno zajistí kontrolu nad provozováním letounu a tím eliminovat rizika jeho znehodnocení. Až po splacení letounu se tak stává majetkem svého provozovatele.

Letecká společnost hradí určité procento z ceny letounu formou akontace v určených termínech a zbytek platí po celou dobu leasingu v pravidelných splátkách, jenž jsou tvořeny splátkou jistiny a úrokem, který se může lišit v závislosti na úrokových sazbách finančních trhů.

Pravidelné splátky mohou být čtvrtletní nebo měsíční. Splátky jistiny mohou být klesající nebo rostoucí, což záleží na dohodě mezi smluvními stranami a také kalkulaci finanční situace daného podnikatelského záměru.



Dopravní letouny jsou všeobecně považovány za velmi nejistou investici s přihlédnutím na ekonomické výkyvy, vysokou pořizovací cenu a rizika spojená s dlouhou životností jako například morální opotřebení či jiná omezení.

Navíc v případě porušení smlouvy ze strany provozovatele zahrnující například zpoždění splátky, může být pádným důvodem k ukončení smlouvy a zabavení letounu a s tím související ztrátou již splacené jistiny.

Obvykle však bývá v těchto kontraktech zakotvena možnost jednorázového doplacení dosud nesplacené části pořizovací ceny letounu, a tak jej získat do vlastnictví okamžitě. Vzhledem k vysoké pořizovací ceně letounu je velmi nepravděpodobné nalezení prostředků z vlastních zdrojů, ale může se jevit jako zajímavá příležitost pro další finanční operace jako například následný prodej letounu, proto dopravci mnohdy volí i cestu úvěru. [5]

### **1.3.3. Operativní pronájem**

Tento způsob provozování letounu je podstatně jednodušší než finanční leasing. Jeho hlavní výhodou je, že letoun zůstává i po skončení pronájmu majetkem leasingové společnosti, která si jej za předem dohodnutých podmínek přebere pod svou kontrolu, aby jej mohla dále pronajímat jiné letecké společnosti.

#### **Podmínky dodání letounu nájemci**

V rámci operativního pronájmu je nutné blíže specifikovat podmínky dodání, jelikož jde o letoun často použitý a nájemci je pouze dočasně zapůjčen. Jedná se především o stav letounu v okamžiku převzetí nájemcem, přičemž bývá obvykle vyžadováno provedení velké údržby (C-check), která zahrnuje rozebrání podstatných částí letounu a jejich servis a eliminuje tak pravděpodobnost skrytých závad.

#### **Podmínky pro vrácení letounu**

Stejně důležité je také v rámci kontraktu sjednat podmínky pro vrácení letounu. Standardem je, že podmínky převzetí letounu nájemcem by měly odpovídat podmínkám jeho vrácení při ukončení nájmu, ale vlivem nesprávného vyjednávání leteckého dopravce, popřípadě podmínek na trhu, nemusí vždy platit tato rovnost.

Na rozdíl od finančního leasingu, kde letecká společnost letoun postupně splatí a jejím zájmem je ze svých prostředků letoun řádně udržovat v provozuschopném stavu, u operativního leasingu je naopak stanovena povinnost nájemce odvádět pronajímateli mimo nájemného i prostředky na budoucí údržbu vyšších stupňů. A to především z důvodu trvání operativního pronájmu, který bývá podstatně kratší než interval kompletního cyklu údržby mezi dvěma generálními opravami celého letounu. Pokud by nebyla stanovena povinnost odvádět finanční prostředky pronajímateli za účelem údržby letounu, byla by ponechána kompletní odpovědnost za údržbu na aktuálním provozovateli. Tudíž by bylo snadné vyhnout se v rámci pronájmu vyšším stupňům údržby a snížit tak výrazně náklady na pronájem.

Operativní leasing bývá financován v rámci měsíčních splátek, jenž se skládají z fixního nájemného za letoun a údržbových rezerv podle řádně vykázaných letových hodin, cyklů letadla nebo jeho hlavních částí. Výše fixního nájemného se může lišit v návaznosti na vývoj mezinárodních úrokových sazeb.

Z hlediska rizik vystávajících pronajímateli jako jsou například nedodržení ustanovení dohodnutých ve smlouvě nebo neuskutečnění samotného pronájmu ze strany nájemce, vyžaduje pronajímatel složení depozitu před začátkem pronájmu.

Pokud nájemce dostojí svým závazkům stanoveným ve smlouvě a letoun je vrácen za předem dohodnutých podmínek, je mu po skončení pronájmu toto depozitum vráceno. V případě, že by nájemce jakýmkoliv způsobem porušil daná ujednání nebo vrátil letoun, jakkoliv poškozený, je pronajímatel oprávněn využít toto depozitum na uhrazení škod nebo uvedení letounu do požadovaného stavu.

Jednou z možných alternativ operativního pronájmu je také tzv. zpětný pronájem, kdy letecká společnost odprodá leasingové společnosti letoun, který má ve svém vlastnictví. Následně mu toto leasingová společnost daný letoun pronajímá na základě předem dohodnutých podmínek. Hlavním důvodem zpětného pronájmu jsou především rizika spojená s provozem letounu, která jsou přenesena na leasingovou společnost namísto leteckého dopravce. Avšak po uplynutí doby pronájmu je leasingová společnost oprávněna s letounem nakládat podle svého uvážení, nezávisle na původním majiteli.

Pro leteckou společnost je to způsob, jak provozovat letoun a současně získat finanční prostředky z jeho prodeje, které může využít například jako předplatby při pořizování nových letounů při obměně flotily. [4]

#### **1.3.4. Wet leasing**

Další z nabídky možných leasingových dohod je tzv. mokrý pronájem, jenž spočívá v tom, že pronajímatel jednak poskytne letoun, kompletní posádku, údržbu i pojištění jiné letecké společnosti, a navíc platí za každou hodinu provozu. Na nájemci je pak zajištění paliva, úhrada letištních poplatků, daní a veškerých dalších povinností, přičemž využívá pro své lety číslo letu nájemce. Tento způsob pronájmu je používán v případech ročních kontrol těžké údržby, během špičkových provozních období či při zahájení nových tras a značnou výhodou může být zvláště v zemích, kde mají nájemci zakázáno provozovat vlastní letouny. V neposlední řadě se pak také používá tento mokrý pronájem i ke zvýšení kapacity či k obcházení politických nebo regulačních omezení. [4]

## **2. Charakteristika potenciálních letounů z hlediska jejich základních parametrů ovlivňujících výběr**

V dnešní době zažívá letecká doprava značný úbytek provozu, a mnoho firem se vlivem poklesu poptávky dostalo na pokraj bankrotu, tudíž je pro ně výběr vhodného letounu otázkou existence. Letecké společnosti jsou v mnoha případech ovlivněny vnějšími vlivy a musí na ně správně zareagovat. Jsou to například zvolená síť linek, poptávka nebo vzdálenost jednotlivých destinací, čemuž by mělo odpovídat složení letadlového parku. Dále je brán zřetel na pravidelnost přepravy a obchodní strategii společnosti, nebo zda se jedná o nízkonákladového či klasického dopravce.

### **2.1. Vybrané varianty a jejich popis**

V této kapitole bude pozornost věnována jednouličkovým proudovým letounům pro středně dlouhé tratě s kapacitou do 200 pasažérů. V úvodní části této kapitoly budou popsány letouny Airbus A220 řady 100 a 300, a letouny Embraer druhé generace s označením E190 a E195, které jsou na trhu teprve krátce, následně budou uvedeni stávající zástupci této kategorie, jež představují jejich přímou konkurenci.

#### **2.1.1. Airbus A220-100**

Letoun dříve známý jako Bombardier CSeries pochází ze série úzkotrupých dopravních letounů s dvěma proudovými motory navržených společností Bombardier Aerospace. V rámci projektu CSeries byly navrženy 2 modely, menší A220-100, dříve známý jako CS100 a větší A220-300, dříve známý jako CS300. V říjnu 2017 odkoupila 50,1% podíl programu CSeries společnost Airbus, přičemž v červenci 2018 odkoupila zbytek a sérii Bombardier CSeries přejmenovala na Airbus A220, čímž rozšířila své portfolio o menší letouny s kapacitou okolo 100 pasažérů.

Nejmenší proudový letoun ve výrobní řadě Airbusu, A220-100, byl postaven od základů tak, aby sloužil kategorii se 100-135 sedadly s bezkonkurenční efektivitou a pohodlím. Díky širokým sedadlům, dostatku úložného prostoru nad hlavou a velkým oknům se jedná o jednouličkový letoun, ve kterém lze nabýt dojmu jako v širokotrupém letounu. [6]



*Obrázek 1: Airbus A220 – 100 [6]*

Parametry letounu:

MTOW	63 100 kg
Cestovní rychlost	829 km/h
Kapacita pasažérů	135 os
Kapacita paliva	21 805 L
Spotřeba paliva	2,28 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	1,69 kg/100km/seat
Dolet	6 297 km
Dostup	12 497 m
Payload	15 100 kg
Pořizovací cena	81 000 000 USD

### **2.1.2. Airbus A220-300**

Větší člen rodiny Airbus 220, A220-300, byl speciálně navržen pro trh se 120 až 160 sedadly. Představuje fúzi výkonu a technologie, která umožňuje leteckým společnostem spojit vzdálené body na kontinentech nebo sektorech, které byly dříve nerentabilní nebo nedostupné. Pokročilá aerodynamika A220-300 v kombinaci se speciálně navrženými proudovými motory od firmy Pratt & Whitney přispívá k 20% snížení spotřeby paliva na sedadlo než letadla předchozí generace, letoun je také o polovinu tišší a produkuje méně emisí, což z něj činí jedním z hlavních představitelů své třídy.

Kromě toho, že se letoun ve své třídě řadí mezi vysoce ekonomické, poskytuje i nadstandardní pohodlí. Kabina A220 byla navržena tak, aby poskytovala vynikající zážitek pro cestující, co se týče hlučnosti a pohodlí. [7]

Jelikož oba členové rodiny A220 sdílejí více než 99 % vyměnitelných jednotek, udělila Evropská agentura pro bezpečnost letectví (EASA) oběma letounům A220-100 i A220-300 společnou certifikaci, tudíž letové posádky se stejným typem kvalifikace mají bezproblémový přechod mezi těmito letouny, čímž došlo k výraznému snížení časové náročnosti a nákladů na výcvik.



*Obrázek 2: Airbus A220 – 300 [7]*

Parametry letounu:

MTOW	69 900 kg
Cestovní rychlost	829 km/h
Kapacita pasažérů	160 os
Kapacita paliva	21 805 L
Spotřeba paliva	2,56 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	1,60 kg/100km/seat
Dolet	6 204 km
Dostup	12 497 m
Payload	18 700 kg
Pořizovací cena	91 500 000 USD

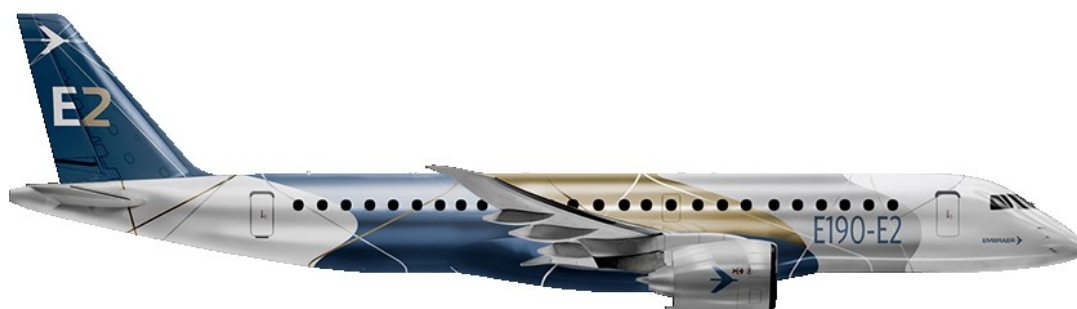
### **2.1.3. Embraer E190 – E2**

Embraer E-Jet E2 je rodina tří dvoumotorových proudových úzkotrupých regionálních dopravních letounů se středním doletem brazilské společnosti Embraer, jde o modernější nástupníky prvotní série Embraer E-Jet.

Již v roce 2011 Embraer oznámil informace o nové, úspornější generaci Embraerů E-Jet, přičemž samotný program E-Jet E2 započal o 2 roky později. Rodina E-Jet E2 zahrnuje stejně jako u předchůdce tři verze E175-E2, E190-E2 a E195-E2 jenž jsou rozděleny podle velikosti od nejmenší po největší.

Modernizované varianty disponují stejným trupem jako předchozí verze, mají ale úspornější proudové motory Pratt & Whitney PW1000G, nová křídla s novými pylony, podvozek, horizontální stabilizátory, kabinu, kabinový vzduchový systém, vzduchový cyklus, odvodušňovací systém, dále novou avioniku a fly-by-wire systém známý především z větších letounů firmy Airbus, což mělo za následek zvětšení úložných prostor nad hlavou až o 40 %. Ale především zvýšení celkové kapacity o 10 % oproti předchozí generaci při zachování stejné hmotnosti letounu. [8], [19]

Nová generace dále disponuje komfortnějšími sedadly s větším osobním prostorem v závislosti na konfiguraci letadla od 97 sedadel při konfiguraci 3 tříd, až po 114 sedadel v konfiguraci jedné ekonomické třídy, k čemuž přispívá snadná variabilita a modularita mezi jednotlivými konfiguracemi v závislosti na poptávce.



Obrázek 3: Embraer E190 – E2 [8]

#### Parametry letounu:

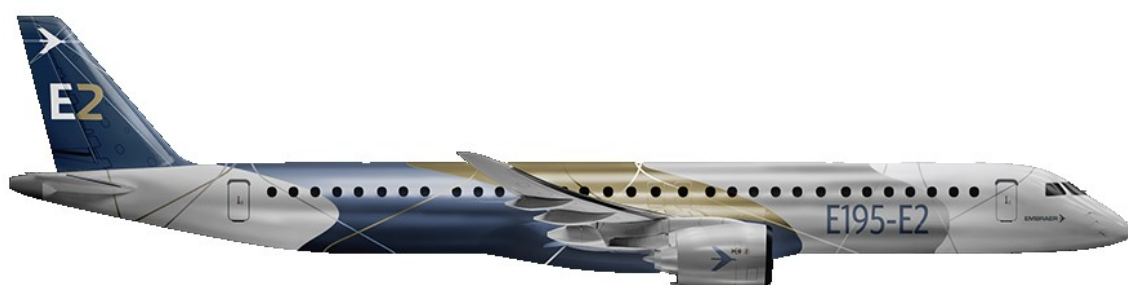
MTOW	56 400 kg
Cestovní rychlost	871 km/h
Kapacita pasažérů	114 os
Kapacita paliva	17 048 L
Spotřeba paliva	2,83 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	2,48 kg/100km/seat
Dolet	5 280 km
Dostup	12 500 m
Payload	13 500 kg
Pořizovací cena	53 600 000 USD

#### 2.1.4. Embraer E195 – E2

Dalším zástupcem z rodiny E-Jet E2 je verze E195, a jak již samotný název napovídá, jedná se o větší verzi, která nabízí 120 sedadel při konfiguraci 3 tříd, až po 146 sedadel v konfiguraci jedné ekonomické třídy

Díky svým ekonomickým vlastnostem si vysloužil přezdívku „profit hunter“, což dokazuje především nízká pořizovací cena oproti běžným jednouličkovým proudovým letounům na středně dlouhé tratě.

Současná krize v letecké dopravě může pro letouny E2 otevřít novou kapitolu, jelikož tyto letouny dokážou aerolinky zaujmout nejen nízkou pořizovací cenou, ale také dlouhodobou ekonomickou udržitelností. [9]



Obrázek 4: Embraer E195 – E2 [9]

Parametry letounu:

MTOW	61 500 kg
Cestovní rychlost	871 km/h
Kapacita pasažérů	146 os
Kapacita paliva	17 048 L
Spotřeba paliva	3,07 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	2,10 kg/100km/seat
Dolet	4 820 km
Dostup	12 500 m
Payload	16 150 kg
Pořizovací cena	60 400 000 USD



### 2.1.5. Airbus A319 NEO

Menší člen rodiny Airbus A320neo (nové generace motorů), tato řada vznikla podstatnou modernizací předchozí řady Airbus A320 a zahrnuje modely A319neo, A320neo a A321neo. Vyjma modernějších a úspornějších motorů nabízí lepší aerodynamické vlastnosti, širší kabinu s lepší zvukovou izolací a větším počtem míst a nižší provozní náklady. Modernizovaný letoun vyprodukuje o 10–20 % méně oxidu uhličitého než předchozí generace. A319neo pojme 120-150 cestujících ve dvou třídách nebo až 160 v maximální konfiguraci s doletem až 6 850 kilometrů. K její provozní efektivitě přispívají nové motory od firmy Pratt & Whitney, jakož i zavedení nových prvků konstrukce draku, například křidélek na koncích křídel zvaných tzv. sharklety, které snižují interferenční vlnění na koncích křídel, a přispívají tak ke snížení spotřeby paliva. [10]



Obrázek 5: Airbus A319 NEO [10]

Parametry letounu:

MTOW	75 500 kg
Cestovní rychlost	871 km/h
Kapacita pasažérů	160 os
Kapacita paliva	26 730 L
Spotřeba paliva	2,40 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	1,50 kg/100km/seat
Dolet	6 850 km
Dostup	12 100 m
Payload	13 200 kg
Pořizovací cena	101 500 000 USD

Díky 95% podobnosti s předchozí generací A320 se proudový letoun Airbus A319neo bez problémů hodí do současných letadlových parků A320, což představuje hlavní motivaci pro potenciální zákazníky, respektive letecké společnosti. A319neo poskytuje minimální změnu s maximálním přínosem také díky společné typové kvalifikaci s ostatními variantami řady Airbus A320, což umožňuje stávajícím pilotům řady A320 létat s letadlem bez nutnosti dalšího výcviku.

### 2.1.6. Airbus A320 NEO

Standardní varianta, ze které vychází ostatní varianty z řady A320neo. První let se konal 25. září 2014. I zde platí vysoká podobnost s původní řadou A320, jenž poskytuje značnou variabilitu, co se týče plánování letů, a přiřazování posádky, která již nemusí být přeškolená na nový typ letounu.

Nová verze A320neo nabízí až 20% úsporu paliva na jedno sedadlo, dvě tuny dalšího užitečného zatížení, 300 km delší dolet, nižší provozní náklady a téměř 50% snížení hluku motoru a emise oxidu uhličitého 50 % pod současnou průmyslovou normou. Díky optimalizovanému prostoru v kabině a zvýšeným limitům pro nouzový výstup nová verze pojme 150 až 180 cestujících ve dvou třídách nebo až 194 v maximální konfiguraci. [11]



Obrázek 6: Airbus A320 NEO [11]

Parametry letounu:

MTOW	79 000 kg
Cestovní rychlost	871 km/h
Kapacita pasažérů	194 os
Kapacita paliva	26 730 L
Spotřeba paliva	2,79 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	1,44 kg/100km/seat
Dolet	6 300 km
Dostup	12 100 m
Payload	16 600 kg
Pořizovací cena	110 600 000 USD

### 2.1.7. Boeing B737 MAX 7

Je již čtvrtá generace dvoumotorového proudového úzkotrupého dopravního letounu na krátké a střední tratě vyvinutá Boeingem jako reakce na úspěch předchozí Next Generation verze. V porovnání si NG verzí jsou letouny Boeing 737 MAX větší, o 10 až 15 % úspornější, tišší a výkonnější motory CFM International LEAP, které používá i nová generace Airbusu A320neo. Typ má také nový tvar křídel, s novými winglety a využívá moderní kompozitní materiály. Prodává se ve čtyřech verzích MAX 7, 8, 9 a 10 od nejmenší po největší.

První let Boeingu 737 MAX se konal 29. ledna 2016, což bylo 49 let po prvním letu prototypu Boeingu 737. V březnu 2018 létalo po světě už 110 kusů tohoto letounu. [12]



Obrázek 7: Boeing B737 MAX 7 [12]

Parametry letounu:

MTOW	80 300 kg
Cestovní rychlost	839 km/h
Kapacita pasažérů	172 os
Kapacita paliva	26 816 L
Spotřeba paliva	2,85 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	1,66 kg/100km/seat
Dolet	7 130 km
Dostup	12 000 m
Payload	20 900 kg
Pořizovací cena	99 700 000 USD

### 2.1.8. Boeing B737 MAX 8

Jedná se o verzi nahrazující Boeing 737-800. Mezi zákazníky řady 737 MAX je nejoblíbenější, tvoří bezmála 80 % objednávek pro celou generaci 737 MAX.

Boeing 737 MAX disponuje Boeing Sky interiérem, což je interiér podobný jako má Boeing 787, známý jako takzvaný „dreamliner“, vyznačující se barevným LED osvětlením. Křídla mají nové winglety, které uspoří až 1,5 % paliva oproti předchozí generaci, vlivem snížení interferencí vzduchu na koncích křídel. Boeingy 737 MAX získaly také nové motory CFM International LEAP-1B a větší úložné prostory nad hlavou. [12]

Bohužel, řadu B737 MAX v posledních letech poznamenala série pádů, zaviněná z velké části softwarovou chybou stabilizačního systému, vlivem které se letoun opakovaně dostával do režimu, kdy nad ním posádka nebyla schopna udržet kontrolu. V důsledku těchto neštěstí byly všechny letouny řady B737 MAX uzemněny.



Obrázek 8: Boeing B737 MAX 8 [12]

Parametry letounu:

MTOW	82 200 kg
Cestovní rychlost	839 km/h
Kapacita pasažérů	210 os
Kapacita paliva	25 816 L
Spotřeba paliva	3,04 kg/km
Spotřeba paliva na sedadlo	1,45 kg/100km/seat
Dolet	6 570 km
Dostup	12 000 m
Payload	20 900 kg
Pořizovací cena	121 600 000 USD

## **2.2. Zvolená kritéria ovlivňující výběr varianty**

Podle následujících letových a obchodně provozních kritérií budou posuzovány a hodnoceny navržené varianty řešení rozhodovacího problému. Tato kritéria dělíme na maximalizační (výnosové), kde nejvyšší hodnota znamená nejlepší ohodnocení a na minimalizační (nákladové), u kterých nejnižší hodnota znamená nejlepší ohodnocení. Pro zajištění objektivit rozhodování byla vybrána výhradně kvantitativní kritéria, jelikož je lze objektivně měřit a jsou pevně stanovená, na rozdíl od kritérií kvalitativních.

### **2.2.1. Kritérium č. 1 – MTOW**

Maximální hmotnost letadla, při které letoun vyhovuje předpisům pro způsobilost pro rozjezd a vzlet na daném letišti za daných podmínek, bývá označována anglickou zkratkou MTOW. Tato hmotnost je definována součtem hmotností prázdného letounu, posádky, cateringu, zábavního systému, avioniky, pitné vody, pasažérů, nákladu, pošty a paliva pro daný let které je poníženo o palivo spálené při pojiždění na vzletové a přistávací dráhy. Jinými slovy je to výrobcem povolená maximální hmotnost, kterou má letoun ve chvíli, kdy započne vzlet. Dříve byla tato hmotnost limitována pouze výkonem letadla, avšak v dnešní době jsou výkony dopravních letadel značně naddimenzované a pro samotný vzlet tudíž nejsou tolik omezující. Takže rozhodujícím faktorem bývají nařízení a předpisy vydané orgány, které se zabývají tvorbou a schvalováním letecké legislativy (například Evropský parlament, Evropská komise). Z hlediska rozhodování je maximální vzletová hmotnost letadla chápána jako minimalizační kritérium, jelikož s ní přímo úměrně souvisí výše poplatků, nebo například využitelnost vzletové a přistávací dráhy. [13]

Hodnota MTOW může být v některých případech snížena vlivem aktuálních podmínek panujících na letišti, jako jsou například povětrnostní podmínky, délka, únosnost pohybových ploch (stojánky, pojižděcí dráhy) sklon, pevnost a stabilita vzletové a přistávací dráhy. Vždy přitom platí, že hodnota MTOW nesmí být za žádných okolností zvýšena, může být pouze snížena danou restrikcí.

### **2.2.2. Kritérium č. 2 – Cestovní rychlost**

V dnešní době hraje čas zásadní roli, a proto letecké společnosti věnují velkou pozornost právě tomuto kritériu při výběru nejlepší varianty. Souvisí s ním totiž kvalita poskytovaných služeb na obsluhovaných tratích. Dalo by se říci, že cestovní rychlost má zásadní vliv na komfort cestujících a každá aerolinie chce svým zákazníkům nabídnout co nejkratší dobu spojení mezi letištěm vzletu a letištěm přistání, což ovlivňuje poptávku po produktu jako takovém, a druhotně také postavení dané aerolinie na trhu. V rámci rozhodování je cestovní rychlost vnímána jako maximalizační kritérium.

Na letounech je snímána snímači statického a dynamického tlaku, jenž jsou zpravidla umístěny v přední části draku letounu, tak aby interference vzduchu od konstrukce neovlivnila snímané hodnoty, tyto hodnoty jsou dále opraveny o tlakovou výšku a rychlost větru. Výsledkem je skutečná rychlost vůči zemi. Ta může v ojedinělých případech dosáhnout mnohem vyšších hodnot, než je maximální dosažitelná rychlost certifikována v letecké příručce, a to především vlivem meteorologických podmínek, jako je například rychlý proud vzduchu (jetstream), jehož rychlost se při působení stejným směrem sčítá s rychlostí letounu. Stejně tak může na letoun působit v opačném směru, než je směr letu a negativně tak ovlivnit výkonnostní charakteristiky, a především spotřebu pohonných hmot.

### **2.2.3. Kritérium č. 3 – Kapacita pasažérů**

Letouny na středně dlouhé tratě bývají koncipovány jako jednouličkové, zpravidla se dvěma nebo třemi řadami, s kapacitou obvykle do 200 cestujících, do tohoto počtu nejsou započtení členové posádky ani palubní personál, který má sedadla umístěná na koncích kabiny letounu.

Letecké společnosti při výběru nejlepší varianty přikládají kapacitě pasažérů velkou roli, jelikož jsou to především cestující, kteří svou poptávkou tvoří hlavní obrat těchto společností v odvětví osobní přepravy. Přičemž platí, že kapacita pasažérů se může u jednotlivých letounů v závislosti na konfiguraci měnit. Jestliže je letoun segregován například do tří cestovních tříd, je pravidlem, že cestující ve vyšších třídách (první třída, byznys třída) mají mnohem více prostoru souvisejícím s poskytováním nadstandardních služeb, stejně jako samotná sedadla, která jsou v těchto třídách větší a zabírají tak více místa. Naopak letouny, které jsou konfigurovány pouze pro jednu cestovní třídu, jsou schopny pojmout mnohem více pasažérů, jelikož jejich sedadla jsou menší a bývají namontována blíže k sobě.

Pro zajištění objektivitu a vysoké vypovídací hodnoty této práce, budeme u všech posuzovaných letounů počítat vždy s nejvyšším možným počtem pasažérů v konfiguraci jedné cestovní třídy, jelikož se jedná o maximalizační kritérium.



#### **2.2.4. Kritérium č. 4 – Kapacita paliva**

Kapacitou paliva rozumíme celkový maximální objem pohonných hmot, které je letoun schopen natankovat. Celkové množství paliva je rozděleno na několik dílů podle fáze letu, ve které se letoun právě nachází, a sice palivo pro pojiždění a zahřívání motorů, traťové palivo, palivo pro nepředvídatelné okolnosti, jako jsou například špatné meteorologické podmínky nebo nepřidělení letové hladiny, dále palivo pro let na záložní letiště, konečná záloha paliva, která smí být využita pouze v nouzových případech a mimořádné palivo, které si na základě svého rozhodnutí nechá naplnit velitel letadla, například z důvodu nižších cen leteckých pohonných hmot nebo za účelem zvýšení bezpečnosti daného letu.

Kapacitu paliva zpravidla určuje objem integrálních nádrží umístěných v křídlech, případně centrálních nádrží v nákladovém prostoru mezi křídly. Do celkové kapacity paliva počítáme i takzvanou vyvažovací nádrž, integrovanou ve vodorovné ocasní ploše, která je primárně plněna za účelem vyvážení letounu, nicméně v případě neočekávaných událostí může být palivo z této nádrže přečerpáno do hlavních palivových nádrží v křídlech.

Maximální množství paliva je uvedeno vždy v litrech, ačkoliv přesnějších hodnot lze dosáhnout pomocí jednotek kilogramu, jelikož hustota plněného paliva je závislá na teplotě, která se neustále mění a při letech na delší vzdálenosti se může rozdíl teplot projevit na objemu tankovaného paliva. Při tankování podchlazeného paliva může toto palivo v průběhu letu zahřát a zvýšit tak svůj objem a naopak. V rámci multikriteriálního rozhodování bude kapacita paliva vnímána jako maximalizační kritérium.

### 2.2.5. Kritérium č. 5 – Spotřeba paliva

S kapacitou paliva velmi úzce souvisí také jeho spotřeba, pro mnoho leteckých společností je velmi důležité udržet spotřebu a s ní související produkci oxidu uhelnatého u provozovaných letounů na co nejnižších číslech, a splnit tak emisní normy a mnohdy přísná opatření na obsluhovaných letištích.

Spotřeba paliva je jeden z hlavních parametrů již při plánování letu a bývá ovlivněna spoustou dalších faktorů, jako jsou předpokládaná hmotnost letounu, očekávaná meteorologická situace, cestovní rychlost, nastavení horizontálního stabilizátoru a řídicích ploch či úhel náběhu letounu.

Spotřebu mohou ovlivnit také postupy a omezení Řízení letového provozu, jenž v některých situacích nemusí přidělit požadovanou letovou hladinu, která má rozhodující vliv na spotřebu paliva a změnu výkonnostních charakteristik. V zásadě platí, že čím vyšší je přidělená letová hladina, tím nižší má letoun spotřebu pohonných jednotek. Dalším ovlivňujícím faktorem je režim letu, ve kterém se letoun právě nachází, ať už je to počáteční zahřátí motorů a pojíždění, nebo vzlet a stoupání, anebo například kontinuální klesání a klouzavý let. V každém z těchto režimů má letoun diametrálně odlišnou spotřebu paliva, proto se operační a plánovací centra aerolinií snaží co nejvíce eliminovat dobu, kdy se letoun nachází v těchto neekonomických režimech letu. Cílem je, aby letoun strávil co nejméně času při pojíždění a čekání na povolení ke vzletu, následně co nejdříve nastoupal do cestovní hladiny a pokud možno letěl optimální rychlostí, tak aby nemusel vyčkávat nad cílovým letištěm na povolení k přistání.

Pro zajištění objektivity naší práce je uváděna kombinovaná spotřeba zahrnující všechny režimy letu, tak aby nedošlo ke zkreslení výsledků vlivem měření za odlišných podmínek. Dále je třeba říci, že se jedná o kritérium minimalizační.

## 2.2.6. Kritérium č. 6 – Spotřeba paliva na sedadlo

Pro porovnání spotřeby může rozhodovatel očekávat, že větší letouny budou mít vyšší spotřebu než jejich konstrukčně menší konkurence. Tudíž je důležité zmínit také spotřebu paliva, vztaženou k počtu sedadel na jednotlivých letounech. Nicméně letouny s vyšším počtem sedadel nemusí vždy znamenat ekonomičtější volbu, jelikož tato spotřeba je vztažena na maximální počet sedadel v dané konfiguraci letounu, avšak v závislosti na poptávce nemusí být tyto kapacity naplněny. Při komparaci letounů z hlediska minimalizace uvedeného kritéria, je také nutné zabývat otázkou stáří jednotlivých letounů, jelikož vlivem opotřebení může dojít k větší odchylce od spotřeby deklarované v letové příručce. [18]

Přepočet paliva na sedadlo u vybraných letounů je uveden v tabulce níže, tato spotřeba je v dalších výpočtech vztažena na 100 kilometrů, pro snazší výpočet a lepší orientaci v posuzovaných parametrech.

	Spotřeba/km	Kapacita	Spotřeba/km/sedadlo
A220-100	2,28 kg	135	0,0168 kg
A220-300	2,56 kg	160	0,0160 kg
E190 - E2	2,83 kg	114	0,0248 kg
E195 - E2	3,07 kg	146	0,0210 kg
A319 NEO	2,40 kg	160	0,0150 kg
A320 NEO	2,79 kg	194	0,0143 kg
B737 MAX 7	2,85 kg	172	0,0165 kg
B737 MAX 8	3,04 kg	210	0,0144 kg

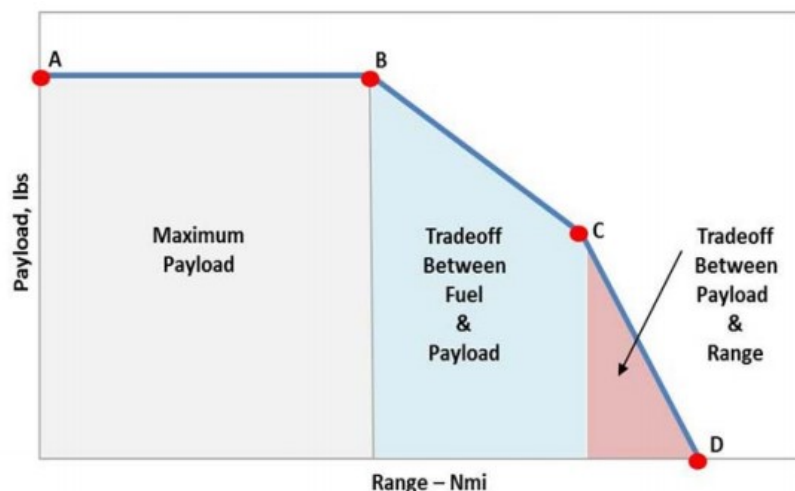
Tabulka 1: Přepočet spotřeby paliva na sedadlo

### 2.2.7. Kritérium č. 7 – Dolet

Dolet či vytrvalost letounu je jednou z hlavních charakteristik při samotném výběru vhodného letadlového parku, s ohledem na strategii provozovatele a jeho poskytované služby na poli regionální, mezinárodní či kontinentální přepravy. Je to maximální vzdálenost, kterou může letoun za standardních podmínek, tj. například bez vlivu nežádoucích meteorologických jevů uletět, aniž by musel provést mezipřistání.

Délka doletu je ovlivněna hned několika parametry jako jsou hmotnost letounu, cestovní rychlost, spotřeba pohonných jednotek v neekonomičtějším letovém režimu a mnoho dalších. Velmi důležité je také množství neseného paliva, jenž mnohdy představuje až polovinu hmotnosti letounu. S rostoucí celkovou hmotností samozřejmě roste také pádová rychlost, při níž dochází k odtržení proudnic na nosných plochách křídel, takže hrozí riziko pádu do vývrtky. Letoun tudíž musí přistávat na vyšších rychlostech a má větší kinetickou energii, kterou je třeba vytrazit během delšího dojezdu, takže se zvětšuje potřebná délka pro přistání.

V následujícím grafu je uvedena závislost doletu na platícím zatížení, které společně s palivem tvoří hlavní část hmotnosti letounu. Cílem leteckých dopravců je plánování letů v rámci kompromisu mezi těmito dvěma parametry se snahou maximalizovat dolet, přičemž samozřejmě závisí na mnoha dalších faktorech, jako například typ obsluhované linky apod.



Graf 3: Závislost doletu na Payloadu [14]

### 2.2.8. Kritérium č. 8 – Dostup

Zvýšení celkové hmotnosti letounu zhoršuje jeho výkonnost, snižuje dostup, prodlužuje potřebné délky vzletu a přistání a v neposlední řadě se také zvyšují pádové rychlosti. Při vyšší hmotnosti se hodnota potřebného výkonu blíží k hodnotě využitelného výkonu a klesá tak přebytek výkonu. Stoupací charakteristiky letounu se tím zhoršují. Tento fakt se projeví především v případě, kdy je letoun plně naložen a stoupání do vyšších cestovních hladin mu může činit potíže, tudíž dosažení požadované hladiny trvá déle. Stejně tak má letoun při vyšších hmotnostech větší úhel náběhu a tím i větší aerodynamický odpor, což se projeví například na zvýšené spotřebě paliva a menší vytrvalosti.

Maximální dostup letounu závisí také na hustotě vzduchu, která se s rostoucí výškou úměrně snižuje a je závislá na dalších parametrech, jako jsou například vzdálenost od zemského jádra nebo termické konvekce a jiné meteorologické jevy. Dalšími faktory jsou obsah nosných ploch letounu, rychlost a součinitel vzlaku. Zde platí, že při poklesu kteréhokoliv z těchto parametrů, úměrně klesá vztlačová síla letounu, jež není schopen ustáleného letu v letové hladině.

### 2.2.9. Kritérium č. 9 – Payload

Dalším kritériem, které ovlivňuje výběr nejvhodnější varianty, je takzvané platící zatížení, častěji známé pod anglickým názvem payload. Je to označení pro všechny položky, které letecká společnost přepravuje za úplatu, spadají sem cestující a jejich zavazadla, poštovní zásilky a veškerý náklad zahrnující také nebezpečné a speciální zboží přepravované za určitých podmínek. V letových příručkách letounů je vždy uváděna maximální hodnota tohoto parametru, a letecké společnosti mu při výběru nových letounů věnují velkou pozornost především proto, že představuje hlavní zdroj jejich příjmů.

Množství pasažérů a komodit, jakožto platícího zatížení mají letecké společnosti možnost do jisté míry ovlivnit. Jedná se například o kapacitu sedadel, kterou lze modifikovat roztečí mezi jednotlivými sedadly, počet toalet, kuchyní, případně kabin pro posádky. Významným faktorem je také uspořádání nákladového prostoru a využití jeho hmotnostní kapacity v souvislosti s jeho objemem, které lze optimalizovat použitím vhodných kontejnerů či palet, případně zohlednění omezení z důvodu nebezpečného či speciálního nákladu.

## 2.2.10. Kritérium č. 10 – Pořizovací cena

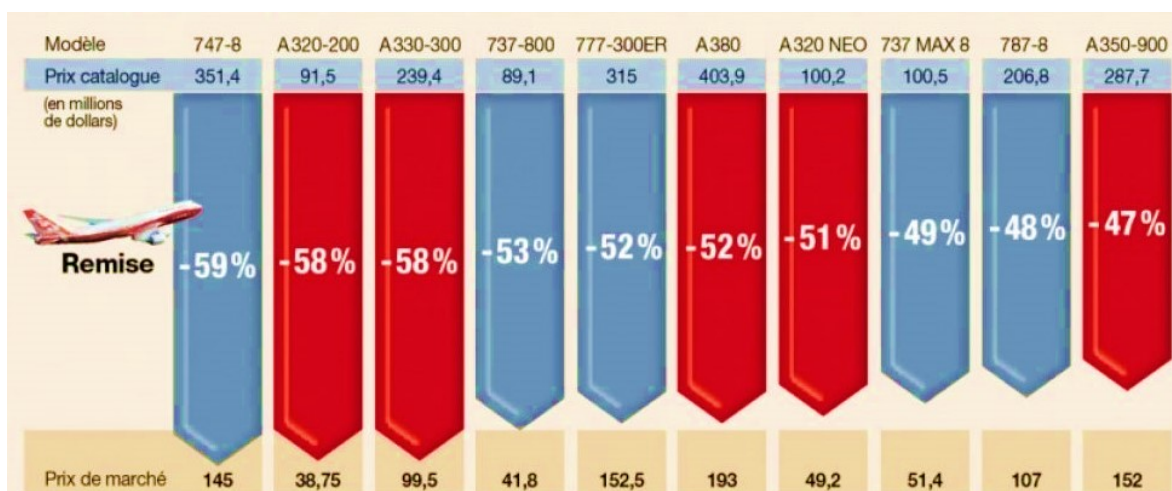
Ačkoliv letecké společnosti si jen zřídka pořízují letouny do svého vlastnictví, je pro ně cena letounů jedním z nejzásadnějších kritérií. Jelikož se od ní následně odvíjí i cena leasingu, případně pronájmu od jiných leteckých dopravců, či leasingových společností. Jedná se o typické kritérium nákladového typu.

Pořizovací cena se může lišit v závislosti na konfiguraci letounu, jeho vybavení a příplatkových službách. S cenou letounu samozřejmě souvisí také jeho budoucí provoz a údržba, které mohou vykonávat pouze posádky, technici a pracovníci pozemního odbavení letadla s patřičnou kvalifikací. Pokud má letecká společnost více letounů stejného typu, výrazně se sníží náklady na školení personálu. Zároveň jí stačí vlastnit pouze jeden program údržby, který se vztahuje na všechny tyto letouny a zajišťuje jejich technickou způsobilost k letu, čímž se značně sníží celkové provozní náklady. Vystává zde tudíž jedna z motivací aerolinií pro rozšiřování leteckého parku podobnými typy letounů, které již provozuje.

V případě, že by se letecká společnost rozhodla pro jiný typ letounu než který již provozuje, musela by si koupit také nový program údržby, případně by musela investovat do dalších modifikací, souvisejících například s parkováním letounů, nebo jejich pozemním odbavením. Což se samozřejmě projeví na provozních nákladech společnosti.

Avšak nelze říci, že provozování stejných typů letounů je vždy méně nákladné než provozování několika různých typů s různými posádkami, programy údržby atd. Je to především z důvodu naplnění kapacit daného letounu, pokud chce aerolinie zavést novou linku, jejíž poptávka nezajistí naplnění kapacit stávajících letounů nebo ji naopak přesáhne, je pro aerolinii mnohdy výhodnější pořídit nový typ letounu, který bude splňovat požadavky pro danou linku.

V rámci konkurenčního boje se výrobci snaží nabídnout co nejnižší ceny a oslovit tak široké spektrum potenciálních zákazníků. Ceny jednotlivých letounů, které jsou pravidelně zveřejňovány, jsou však pro většinu leteckých společností pouze orientační, poněvadž mnohdy zaplatí výrazně méně oproti zveřejněným cenám. Je to zapříčiněno především snahou o zvýšení produkce, případně zvýšení podílu na trhu konkrétních výrobců.



Obrázek 9: Odhad poskytovaných slev výrobců Boeing a Airbus pro rok 2013. [15]

Tyto slevy jsou poskytovány, ať už na základě dlouhodobé spolupráce nebo například při uzavření velkého kontraktu ještě před tím, než letoun získá všechna potřebná povolení a certifikace pro provoz. Například společnosti Southwest Airlines byla dle analýzy banky Wells Fargo poskytnuta sleva 64 % za objednávku 150 kusů letounů Boeing 737 MAX. Podobně také Airbus jakožto hlavní konkurenční výrobce poskytnul 56% slevu společnosti EasyJet při koupi 120 kusů letounů Airbus A319. Přičemž katalogová cena za objednávku těchto letounů tehdy přesahovala 40 milionů USD. Motivací pro poskytování takto výrazných slev může být také snaha výrobce o zvýšení podílu na trhu nebo o získání konkrétního provozovatele. [15]

### **3. Teoretická východiska řešení – metoda MCA.**

Stěžejním problémem při nasazování a zavádění nových letounů do provozu je nalezení metodiky výběru vhodných variant, respektive typů letounů, které budou splňovat četné požadavky leteckých dopravců či provozovatelů aerolinií a najít tak optimální variantu která zohlední všechna kritéria např. přepravní kapacitu, vybavenost kabiny či pořizovací cenu. K tomu lze s výhodou využít některé z mnoha metod multikriteriální analýzy.

Teorie multikriteriálního (vícekriteriálního) rozhodování je založena na matematickém modelování, přičemž podstata úloh vícekriteriálního rozhodování spočívá ve výběru jedné varianty ze seznamu realizovatelných variant, na základě většího množství kritérií. Vedle seznamu variant je nutné mít k dispozici i seznam kritérií, které charakterizují cíl rozhodovací analýzy, z nichž rozhodnutí vybíráme. Tento seznam může být zadán explicitně, jako výčet konečného počtu možností nebo implicitně specifikací podmínek, které musí rozhodovací varianta splňovat, aby mohla být považována za přípustnou.

Pokud je k dispozici seznam kritérií i seznam rozhodovacích variant, je vhodné dále uvážit, jakou formu by konečné rozhodnutí mělo mít. Pokud je třeba vybrat pouze jednu variantu určenou k realizaci, měli bychom si připustit, že v některých případech nelze spolehlivě rozhodnout, například z důvodu nedostatku informací či z důvodů podobných parametrů jednotlivých variant, může se jednat například o vybrané technické parametry, které výrobce nemohl poskytnout z důvodu zajištění bezpečnosti. [16]



## Přednosti metod vícekritériálního hodnocení

- Umožňují rozhodovateli posuzovat varianty vzhledem k rozsáhlému souboru kritérií.
- Nutí rozhodovatele, aby vyjádřil svoje chápání důležitosti jednotlivých kritérií.
- Celý proces hodnocení variant činí transparentním a jasným.

Pro výběr a vymezení vhodných metod multikritériální analýzy je nutno znát základní prvky:

### 1. Cíl rozhodování

Je okamžik, kterého je nutné dosáhnout určitým řešením. Nejprve je nutné stanovit si tyto cíle, ať už číselně či slovním popisem a postupnou analýzou se k nim propracovat. Hlediska stanovených cílů mohou být například kvalitativní, ekonomická atp.

### 2. Kritéria hodnocení

Stanovuje rozhodovatel případně skupina expertů. Zpravidla se odvozují od stanoveného cíle řešení a tím dávají vzniknout rozličným vztahům. U kvantitativních kritérií je to maximalizace či minimalizace, jenž závisí na tom, zda se jedná o kritéria výnosového či nákladového typu. U kvalitativních pak dosažení určité úrovně, poněvadž nejsou tak snadno měřitelná jako kritéria kvantitativní.

### 3. Subjekt rozhodování

Je označení pro rozhodovatele, který je pověřen provedením vícekritériální analýzy, přičemž platí, že subjekt může být buď individuální, což znamená, že za rozhodnutím stojí pouze jedna odpovědná osoba anebo kolektivní, kdy za rozhodnutím stojí více rozhodovatelů.

### 4. Objekt rozhodování

Představuje samotné jádro problému, které je nutné analyzovat a následně vyhodnotit. Ne vždy se jedná o prostý výběr optimální varianty, jelikož do rozhodovacího procesu vstupují kritéria rozličného charakteru, která mohou tento proces ovlivnit. [16]

Při výběru optimální varianty v rámci multikriteriální analýzy musí rozhodovatel postupovat dle následující osnovy:

1. vymezení variant,
2. vymezení kritérií hodnocení variant,
3. stanovení vah kritérií,
4. vícekriteriální hodnocení variant,
5. vyhodnocení výsledků a výběr varianty.

### **3.1. Vymezení variant**

Prvním krokem vícekriteriální analýzy je vymezení variant, jinými slovy stanovení zástupců, mezi kterými se následně budeme rozhodovat, v této práci se budeme zabývat:

- Airbus A220 – 100,
- Airbus A220 – 300,
- Embraer E190 – E2,
- Embraer E195 – E2,
- Airbus A319 NEO,
- Airbus A320 NEO,
- Boeing B737 MAX 7,
- Boeing B737 MAX 8.

### **3.2. Vymezení kritérií hodnocení variant**

Vytvoření soustavy kritérií je důležitým krokem v celém postupu vícekritériálního hodnocení variant, kterým lze významně ovlivnit celkové výsledné rozhodnutí. Soubor kritérií musí být vybrán tak, aby dobře odrážel podstatné vlastnosti hodnocených variant. V opačném případě by mohlo dojít ke značnému zkreslení výsledků hodnocení těchto objektů. Samotný výběr a seskupení kritérií do výsledné soustavy kritérií hodnocení je často obtížný a mnohdy těžce proveditelný proces. V neposlední řadě je pro vytváření účelově orientovaných soustav kritérií velmi důležitá správná klasifikace kritérií.

Kritéria dělíme v zásadě na kvantitativní, jejichž hodnoty lze vyjádřit pomocí číselných hodnot a na kvalitativní, které lze vyjádřit pouze verbálně a mohou tak být ovlivněna například experty, kteří tato kritéria posuzují. Jako příklad kvantitativních kritérií můžeme uvést přepravní kapacitu, investiční náklady či dopravně technické vlastnosti. Na druhou stranu kvalitativní kritéria se často týkají komfortu a pocitu z poskytovaných služeb.

Podle typu preference lze kritéria dále dělit na maximalizační, respektive kritéria výnosového typu a na minimalizační, respektive nákladového typu. [17]

### **3.3. Způsob hodnocení variant**

Varianty, mezi nimiž je rozhodováno, pokaždé splňují předem požadované cíle v určité míře. Jak moc se podařilo tyto cíle naplnit neboli jakou úroveň splnění požadovaných cílů hodnocená varianta dosahuje, je již objektem hodnocení dosažených výsledků variant.

Je známo více způsobů a metod hodnocení dosažených výsledků variant, jejichž využití záleží na typu a úplnosti dostupných informací, stejně jako na zdrojích a použitelnosti těchto informací. V leteckém provozu často zaznamenáváme případy, kdy je nutno co nejdříve a co nejlépe vyhodnotit varianty zásadního významu. Proto mají metody vícekriteriální analýzy významnou roli v rozhodování o zavádění nových typů letadel do provozu a posouzení jejich konkurenceschopnosti vůči stávajícím zástupcům dané kategorie.

Velký důraz klademe na výběr vhodných odborníků, respektive rozhodovatelů, u nichž posuzujeme především míru subjektivity a znalost dané problematiky napříč celým spektrem vícekriteriálního rozhodování jakož i leteckého provozu jako takového. Důležitost také věnujeme vypracování chronologického sledu jednotlivých kroků hodnocení a zpracování objektivních výpovědí expertů. [17]

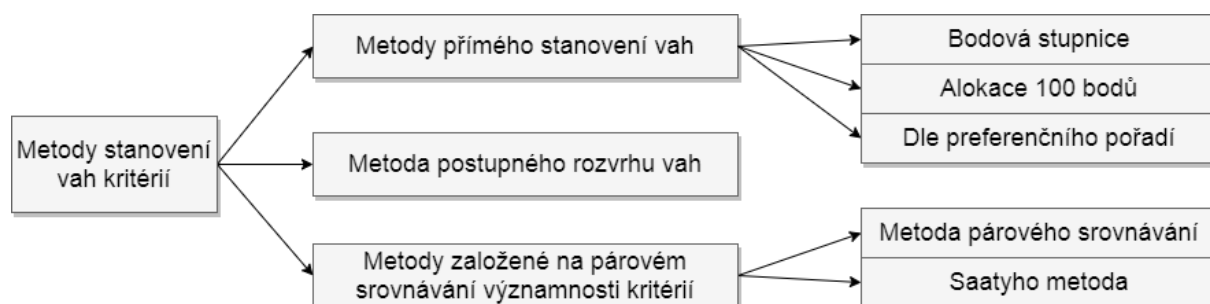
### 3.4. Metody stanovení vah kritérií

Dalším krokem je stanovení vah kritérií, resp. koeficientů významnosti, jež jsou číselným vyjádřením významnosti, resp. důležitosti jednotlivých kritérií. Stanovením vah se zabývá rozhodovatel, přičemž platí pravidlo, že čím je kritérium významnější, resp. čím za významnější je rozhodovatel považuje, tím je jeho váha vyšší. Z hlediska výpočtů musí být dosaženo srovnatelnosti vah  $v_i$  ze souboru kritérií, které mohou být stanoveny různými metodami, a proto se váhy normují tak, aby jejich součet byl roven jedné.

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k) \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1 \quad v_i \geq 0 \quad (1)$$

Velkou nevýhodou metod stanovení vah kritérií je, že už na začátku výpočtu jsou výsledné váhy subjektivně ovlivněny, a to jednak vlivem použité metody, jednak subjektem, který váhy pomocí určité metody stanovuje.

Pokud je nutné dosáhnout vysokou spolehlivost získaných výsledků, můžeme uplatnit vyšší počet metod, z nichž potom pomocí aritmetického průměru lze určit výsledné váhy kritérií. Druhou možností je pak využití vyššího počtu hodnotitelů, kteří mohou pracovat buď týmově nebo nezávisle na sobě. [16]



Obrázek 10: Metody stanovení vah [16]

### 3.4.1. Metody přímého stanovení vah

- bodovací stupnice – přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice, (volí se obvykle pětibodová nebo desetibodová stupnice) každému kritériu v souladu s tím, jak rozhodovatel hodnotí význam každého kritéria (čím považuje rozhodovatel kritérium za významnější, tím větší počet bodů mu přiřadí). Přidělené body každému kritériu je vždy nutné normovat. Nejprve se sečtou body přidělené ke všem kritériím a až poté se pro každé kritérium vydělí přidělené body tímto součtem. Výsledkem budou normované váhy, jejichž součet musí být roven jedné.

- alokace 100 bodů – rozhodovatel má k dispozici 100 bodů a jeho úkolem je rozdělit těchto 100 bodů mezi jednotlivá kritéria v souladu s jejich významností, váha kritéria je pak určena počtem přidělených bodů. Obvykle je vytvořena tabulka, kde jsou uvedeny přidělené body, následně se dle daných vzorců provede výpočet.

- metoda preferenčního pořadí – rozhodovatel určuje přímo pořadí významnosti kritérií od nejvýznamnějšího, kterému je uděleno první místo v pořadí až k nejméně významnému, jenž zaujímá poslední místo v pořadí. Tuto metodu lze rozdělit do tří etap a sice stanovení preferenčního uspořádání, jinými slovy pořadí významnosti kritérií, dále určení vah kritérií porovnáním významu kritérií s kritériem nejméně významným, a nakonec samozřejmě normování vah. Pořadí významnosti kritérií lze stanovit dvěma způsoby, přímým nebo etapovým uspořádáním. Při přímém uspořádání určuje rozhodovatel přímo pořadí významnosti kritérií od nejvýznamnějšího až k nejméně významnému. I když je přímé uspořádání velmi jednoduché, je jeho využití v případě rozsáhlejšího souboru kritérií pro hodnotitele značně náročné, protože musí při stanovení pořadí kritérií současně posuzovat význam všech kritérií z daného souboru. Na závěr je provedeno určení vah kritérií porovnáním významu kritérií s kritériem nejméně významným. [16]

### 3.4.2. Metoda postupného rozvrhu vah

Používá se v případech rozsáhlejších souborů kritérií, které jsou dále rozčleněny do dílčích skupin podle příbuznosti jejich věcné náplně neboli podle charakteru jejich významu. Při určení vah jednotlivých kritérií se nejprve stanoví váhy jednotlivých skupin kritérií, a to s využitím některé z výše uvedených metod. Tyto váhy musí být normovány, jinými slovy součet vah skupin kritérií je roven jedné. Stejným způsobem se stanoví váhy každého kritéria v jednotlivých skupinách. Tyto váhy musí být samozřejmě také normovány. Výsledné váhy kritérií se stanoví vždy pronásobením váhy kritéria v jeho skupině váhou této skupiny kritérií. Výsledné váhy jsou opět normovány, takže jejich součet přes celý soubor kritérií je roven jedné. [16]

### 3.4.3. Metody stanovení vah kritérií založené na párovém srovnávání

- metoda párového porovnání (Fullerův trojúhelník) – pro každé kritérium se zjišťuje počet jeho preferencí vzhledem ke všem ostatním kritériím v souboru. Při postupu je rozhodovateli předloženo trojúhelníkové schéma, ve kterém jsou vyznačeny dvojice jednotlivých kritérií tak, že se každá dvojice v tomto schématu vyskytuje právě jednou. Z každé dvojice musí rozhodovatel vybrat to kritérium, které je pro něj důležitější. Pro každé kritérium se stanoví počet jeho preferencí, který je roven součtu jedniček v řádku daného kritéria a součtu nul ve sloupci daného kritéria. Pokud jsou v určité dvojici obě kritéria pro rozhodovatele stejně důležitá, vybere obě kritéria.

- Saatyho metoda – rozhodovatel porovnává všechny dvojice kritérií, podobně jako u metody Fullerova trojúhelníku. Saatyho metodu můžeme rozdělit do dvou etap a sice zjištění preferenčních vztahů pro každou dvojici kritérií a následně stanovení vah jednotlivých kritérií, dle tzv. Saatyho deskriptoru, na základě preferencí mezi jednotlivými dvojicemi kritérií. [16]

### 3.5. Jednoduché metody stanovení hodnoty variant

Jednoduché metody stanovují celkové ohodnocení variant jako vážený součet dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Na základě celkového ohodnocení variant je pak možné stanovit jejich preferenční uspořádání, přičemž nejlépe ohodnocená varianta je zároveň ta nejvhodnější.

- Metoda váženého pořadí – dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím se určuje podle pořadí variant vzhledem k těmto kritériím. Nedostatky této metody však spočívají v dílčím ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím, kde se neodrazily rozdíly mezi hodnotami kritérií. Proto se metoda uplatňuje pouze v případě, kdy soubor kritérií obsahuje zejména kritéria kvalitativní povahy. Dílčí ohodnocení  $j$ -té varianty  $h_j^i$  vzhledem k  $i$ -tému kritériu stanovíme jako:

$$h_j^i = m + 1 - p_j^i \quad (2)$$

kde  $m$  je počet variant a  $p_j^i$  je pořadí  $i$ -té varianty vzhledem k  $i$ -tému kritériu. Dle tohoto vztahu je zřejmé, že dílčí ohodnocení nejlepších variant z hlediska jednotlivých kritérií je rovno celkovému počtu kritérií. A následně celkové ohodnocení varianty  $H^j$  je váženým součtem dílčích ohodnocení  $h_j^i$  a vah kritérií  $v_i$ :

$$H^j = \sum_{i=1}^k v_i \cdot h_j^i; \quad j = (1, 2, \dots, k) \quad (3)$$

- Metoda založená na přímém stanovení dílčích ohodnocení – dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím určuje přímo hodnotitel (expert nebo rozhodovatel) a zpravidla přiřazením bodů ze zvolené bodové stupnice. Nejčastěji se používá stupnice desetibodové, přičemž 1 bod odpovídá nejhorším a 10 bodů nejlepším hodnotám kritérií, hodnotitel postupuje při stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím tak, že přiřazuje na základě svých preferencí důsledkům variant určité počty bodů ze zvolené bodové stupnice. Celkové ohodnocení varianty  $H^j$  je váženým součtem dílčích ohodnocení a vah kritérií stejně jako u předchozí metody. Výhodou je jednoduchost a srozumitelnost pro hodnotitele, nicméně míra subjektivity této metody je značná, tudíž může dojít ke zkreslení výsledků. [16]



- Metoda lineárních dílčích funkcí užitku – dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím se určuje v závislosti na povaze těchto kritérií. U kritérií kvalitativních se dílčí ohodnocení stanovuje stejně jako u předchozí metody, tzn. přiřazením bodů ze zvolené bodové stupnice. Naopak u kvantitativních kritérií se vychází z předpokladu, že odpovídající dílčí funkce užitku mají lineární tvar. Hlavní výhodou této metody je snížení subjektivity stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem ke kvantitativním kritériím. Nejhorší hodnotě každého kritéria  $x_i^0$  se přiřadí dílčí užitek 0, nejlepší hodnotě  $x_i^*$  dílčí užitek 1 a spojnice těchto bodů jsou pak vyjádřením lineárních dílčích funkcí užitku. Dílčí ohodnocení variant  $h_j^i$  vzhledem k jednotlivým kvantitativním kritériím pak stanovíme dle vztahu:

$$h_j^i = \frac{x_{ij} - x_i^0}{x_i^* - x_i^0} \quad (4)$$

- Metoda bazické varianty – tato metoda se zabývá stanovením dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím pomocí porovnávání hodnot jednotlivých variant s hodnotami bazické varianty. Bazická varianta může být interpretována dvěma způsoby. Prvním z nich je, že je to varianta dosahující nejlepších hodnot z kritérií. Druhý je, že tato varianta nabývá pro jednotlivá kritéria právě požadovaných hodnot, jenž mohou být stanoveny například koncovým zákazníkem. Pokud bazickou variantu označíme jako  $x_i^b$  pak dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím výnosového typu stanovíme podle vztahu:

$$h_j^i = \frac{x_{ij}}{x_i^b} \quad (5)$$

a dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím nákladového typu:

$$h_j^i = \frac{x_i^b}{x_{ij}} \quad (6)$$

Pro naše výpočty jsme zvolili Metodu založenou na přímém stanovení dílčích ohodnocení a Metodu bazické varianty. Obě metody jsou vhodné pro kritéria kvantitativního charakteru, a zajišťují vysokou míru objektivitu díky ohodnocení variant pomocí váženého součtu dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím. [16]

## 4. Realizace výběru metodou MCA

Tato kapitola bude věnována výběru nejvhodnější varianty v kategorii jednouličkových proudových letounů na středně dlouhé tratě. Pro tento výběr bylo využito některých metod multikriteriální analýzy variant, dále bylo stanoveno 10 hlavních kritérií, ovlivňujících výběr varianty, tak aby byla zajištěna objektivita a vysoká vypovídací hodnota tohoto rozhodování.

### 4.1. Vstupní varianty a kritéria

V první části multikriteriálního rozhodování budou zohledněny pouze první 4 letouny za vstupu všech dostupných kritérií, tak aby bylo možné prezentovat pořadí v rámci těchto 4 variant. Tyto letouny jsou označeny jako  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ . Tudíž množina rozhodovacích variant bude  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ .

$a_1$	Airbus A220 - 100
$a_2$	Airbus A220 - 300
$a_3$	Embraer E190 - E2
$a_4$	Embraer E195 - E2

Tabulka 2: Varianty 1

Množina rozhodovacích variant bude následně hodnocena dle množiny kritérií  $K = (k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9, k_{10})$ .

$k_1$	MTOW [kg]
$k_2$	Cestovní rychlost [km/h]
$k_3$	Kapacita pasažérů [os]
$k_4$	Kapacita paliva [L]
$k_5$	Spotřeba paliva [kg/km]
$k_6$	Spotřeba paliva na sedadlo [kg/100km/seat]
$k_7$	Dolet [km]
$k_8$	Dostup [m]
$k_9$	Payload [kg]
$k_{10}$	Pořizovací cena [USD]

Tabulka 3: Kritéria

Pro lepší přehlednost a také pro potřeby výpočtu byly varianty a kritéria uspořádány do tzv. kritériální matice. Tato matice má konečný počet prvků a zobrazuje hodnoty kritérií, respektive provozní charakteristiky jednotlivých variant.

Provozní charakteristiky										
Letoun	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>
A220-100	63 100	829	135	21 805	2,28	1,69	6 297	12 497	15 100	81 000 000
A220-300	69 900	829	160	21 805	2,56	1,60	6 204	12 497	18 700	91 500 000
E190 - E2	56 400	871	114	17 048	2,83	2,48	5 280	12 500	13 500	53 600 000
E195 - E2	61 500	871	146	17 048	3,07	2,10	4 820	12 500	16 150	60 400 000

Tabulka 4: Kritériální matice 1

## Stanovení vah kritérií

V první části rozhodování je nutné stanovit váhy kritérií. Pro dosažení vyšší objektivity a vypovídací hodnoty tohoto rozhodování byly vybrány dvě metody. A sice Metoda bodovací stupnice z metod přímého stanovení vah kritérií a následně Saatyho metoda z metod založených na párovém srovnávání významnosti kritérií. Tyto váhy budou ve výpočtech uvedeny jako Váhy I a Váhy II.

## 4.2. Metoda bodovací stupnice

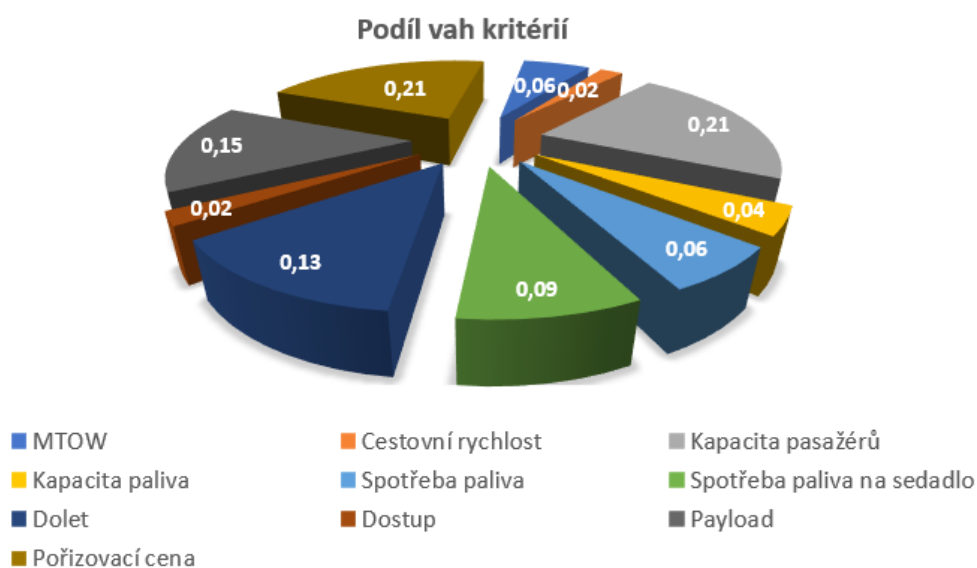
- přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice (v našem případě desetibodová) každému kritériu v souladu s tím, jak posuzovatel hodnotí význam každého kritéria (čím považuje rozhodovatel kritérium za významnější, tím větší počet bodů mu přiřadí). [17]

- výpočet normované váhy kritéria:

$$v_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (7)$$

Kritérium	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>	Σ
Počet bodů	3	1	10	2	3	4	6	1	7	10	47
Normovaná váha	0,06	0,02	0,21	0,04	0,06	0,09	0,13	0,02	0,15	0,21	1

Tabulka 5: Bodovací stupnice



Graf 4: Bodovací stupnice

### 4.3. Metoda AHP – Saatyho model

U metody AHP (Analytic Hierarchy Process), též známé jako Saatyho model, se zjišťují preferenční vztahy dvojic kritérií, ale také velikost této preference. Při určování vah kritérií touto metodou sestavíme nejprve tzv. Saatyho matici tak, že porovnáme vždy dvě kritéria mezi sebou a ohodnotíme jejich důležitost na stupnici 1, 2, ... 9, případně reciprokými hodnotami. Kritéria jsou uspořádána v tabulce, kde jsou řádcích a sloupcích zapsaná ve stejném pořadí.

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Tabulka 6: Deskriptor [16]

Hodnoty 2, 4, 6, 8 lze využít k jemnějšímu rozlišení velikosti preferencí dvojic kritérií. Je-li první kritérium významnější než kritérium druhé, zapíšeme hodnotu ze zvolené stupnice. Nastane-li situace, kdy je druhé kritérium významnější než první, zapíšeme reciprokou hodnotu. [16]

Hodnoty  $b_i$  vypočteme jako geometrický průměr každého řádku Saatyho matice.

$$g_i = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k s_{ij}}; \quad i, j = (1, 2, \dots, k) \quad (8)$$

a následně normalizace vah, která musí splňovat podmínku:

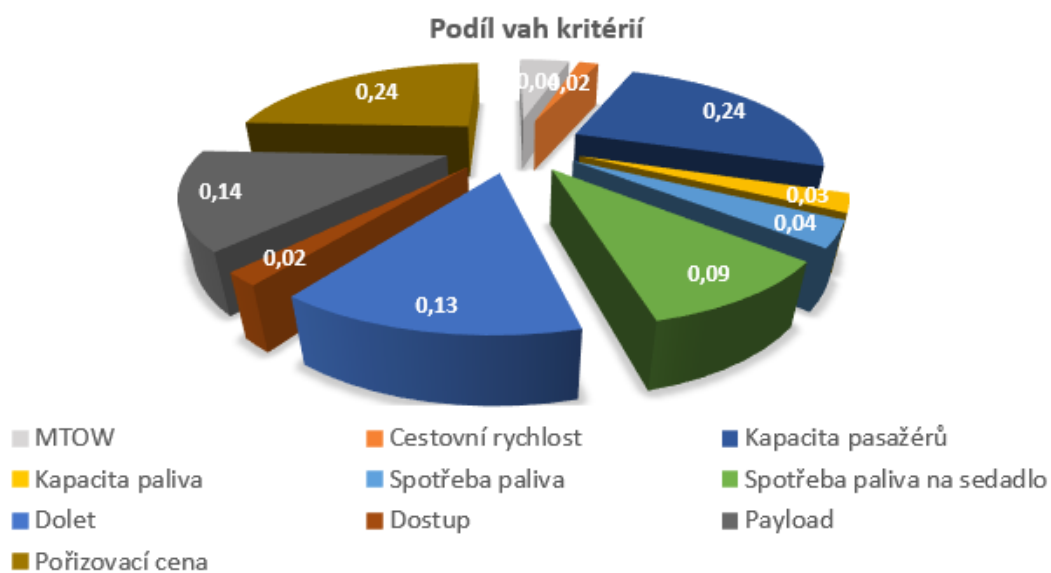
$$\sum_{i=1}^k v_i = 1; \quad v_i \geq 0 \quad (9)$$

samotná normalizace je provedena dle vztahu:

$$v_i = \frac{g_i}{\sum_{i=1}^n g_i}; \quad i, j = (1, 2, \dots, k) \quad (10)$$

Kritérium	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>	g <sub>i</sub>	v <sub>i</sub>
k <sub>1</sub>	1	4	1/5	2	1/2	1/2	1/5	4	1/3	1/5	0,681	0,045
k <sub>2</sub>	1/4	1	1/9	1/2	1/2	1/6	1/8	1	1/7	1/9	0,273	0,018
k <sub>3</sub>	5	9	1	8	8	3	2	9	3	1	3,689	0,242
k <sub>4</sub>	1/2	2	1/8	1	1/2	1/4	1/7	2	1/5	1/7	0,408	0,027
k <sub>5</sub>	2	2	1/8	2	1	1/4	1/6	2	1/4	1/7	0,559	0,037
k <sub>6</sub>	2	6	1/3	4	4	1	1/2	7	1/2	1/3	1,436	0,094
k <sub>7</sub>	5	8	1/2	7	6	2	1	8	1/3	1/4	2,018	0,133
k <sub>8</sub>	1/4	1	1/9	1/2	1/2	1/7	1/8	1	1/6	1/9	0,273	0,018
k <sub>9</sub>	3	7	1/3	5	4	2	3	6	1	1/2	2,188	0,144
k <sub>10</sub>	5	9	1	7	7	3	4	9	2	1	3,696	0,243
Σ											15,221	1

Tabulka 7: Saatyho metoda



Graf 5: Saatyho metoda

#### 4.4. Metody stanovení hodnoty variant – 4 varianty

##### Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení

- Dílčí ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím určuje přímo hodnotitel zpravidla přiřazením bodů ze zvolené bodové stupnice,
- zvolená stupnice byla desetibodová, přičemž 1 bod odpovídá nejhoršímu hodnocení a 10 bodů nejlepším hodnotám kritérií,
- hodnotitel postupuje při stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím tak, že přiřazuje na základě svých preferencí důsledkům variant určité počty bodů ze zvolené bodové stupnice. [16]

Kritérium			A220	A220	E190	E195
Název	Váhy I	Váhy II	- 100	- 300	- E2	- E2
k <sub>1</sub>	0,06	0,04	5	3	8	6
k <sub>2</sub>	0,02	0,02	7	7	8	8
k <sub>3</sub>	0,21	0,24	5	7	3	6
k <sub>4</sub>	0,04	0,03	7	7	5	5
k <sub>5</sub>	0,06	0,04	10	8	6	4
k <sub>6</sub>	0,09	0,09	9	10	6	7
k <sub>7</sub>	0,13	0,13	9	8	7	6
k <sub>8</sub>	0,02	0,02	7	7	6	6
k <sub>9</sub>	0,15	0,14	5	8	4	6
k <sub>10</sub>	0,21	0,24	4	2	10	9
Celkové ohodnocení Váhy I			6,13	6,28	6,17	6,60
Pořadí - Váhy I			4	2	3	1
Celkové ohodnocení Váhy II			5,97	6,20	6,19	6,76
Pořadí - Váhy II			4	2	3	1

Tabulka 8: Přímé stanovení dílčích ohodnocení 1

Při hodnocení touto metodou vyšla při zohlednění vah I (Metodou bodovací stupnice) i vah II (Saatyho metodou) jako nejlepší varianta Embraer E195 – E2, druhé místo obsadila varianta Airbus A220-300.

## Metoda bazické varianty

• Založena na stanovení dílčích ohodnocení variant pomocí porovnání důsledků variant vždy s hodnotami tzv. bazické varianty. Bazickou variantu můžeme chápat 2 způsoby:

- varianta, která dosahuje nejlepších hodnot kritérií z daného souboru variant
- varianta, která nabývá pro jednotlivá kritéria právě požadovaných hodnot, dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím výnosového typu:

$$h_j^i = \frac{x_i^j}{x_i^b} \quad (11)$$

dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím nákladového typu:

$$h_j^i = \frac{x_i^b}{x_i^j} \quad (12)$$

Kritérium				A220	A220	E190	E195
Název	Váhy I	Váhy II	$x_i^*$	- 100	- 300	- E2	- E2
$k_1$	0,06	0,04	56 400	0,89	0,81	1,00	0,92
$k_2$	0,02	0,02	871	0,95	0,95	1,00	1,00
$k_3$	0,21	0,24	160	0,84	1,00	0,71	0,91
$k_4$	0,04	0,03	21 805	1,00	1,00	0,78	0,78
$k_5$	0,06	0,04	2,28	1,00	0,89	0,81	0,74
$k_6$	0,09	0,09	1,60	0,95	1,00	0,64	0,76
$k_7$	0,13	0,16	6 297	1,00	0,99	0,84	0,77
$k_8$	0,02	0,02	12 500	1,00	1,00	1,00	1,00
$k_9$	0,15	0,12	18 700	0,81	1,00	0,72	0,86
$k_{10}$	0,21	0,24	53 600 000	0,66	0,59	1,00	0,89
Celkové ohodnocení Váhy I				0,854	0,890	0,825	0,856
Pořadí - Váhy I				3	1	4	2
Celkové ohodnocení Váhy II				0,842	0,884	0,822	0,859
Pořadí - Váhy II				3	1	4	2

Tabulka 9: Metoda bazické varianty 1

Pro naše výpočty jsme si jako bazickou variantu zvolili vždy tu, která dosáhla nejlepších hodnot. Jelikož kritéria máme převážně výnosového typu, byly jako bazické zvoleny nejvyšší hodnoty, naopak u kritérií nákladového typu jsme jako bazickou zvolili vždy tu nejnižší (např. spotřeba paliva).



## Vstupní hodnoty – 8 variant

V druhé části multikriteriálního rozhodování budou zohledněny všechny posuzované varianty na základě všech dostupných kritérií, tak aby bylo možné zjistit pořadí jednotlivých variant a posoudit konkurenceschopnost nově příchozích letounů do segmentu úzkotrupých letounů pro středně dlouhé tratě.

Jmenovitě bylo pro druhou část multikriteriálního rozhodování vybráno těchto 8 zástupců: Airbus A220-100, Airbus A220-300, Embraer E190 – E2, Embraer E195 – E2, Airbus A319 NEO, Airbus A320 NEO, Boeing B737 MAX 7, Boeing B737 MAX 8. Tyto letouny jsou označeny jako  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ ,  $a_5$ ,  $a_6$ ,  $a_7$ ,  $a_8$ . Tudíž množina rozhodovacích variant bude  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8)$ .

$a_1$	Airbus A220 - 100
$a_2$	Airbus A220 - 300
$a_3$	Embraer E190 - E2
$a_4$	Embraer E195 - E2
$a_5$	Airbus A319 NEO
$a_6$	Airbus A320 NEO
$a_7$	Boeing B737 MAX 7
$a_8$	Boeing B737 MAX 8

Tabulka 10: Varianty 2

Výběr nejvhodnější varianty bude následně hodnocen dle množiny kritérií  $K = (k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8, k_9, k_{10})$ .

$k_1$	MTOW [kg]
$k_2$	Cestovní rychlost [km/h]
$k_3$	Kapacita pasažérů [os]
$k_4$	Kapacita paliva [L]
$k_5$	Spotřeba paliva [kg/km]
$k_6$	Spotřeba paliva na sedadlo [kg/100km/seat]
$k_7$	Dolet [km]
$k_8$	Dostup [m]
$k_9$	Payload [kg]
$k_{10}$	Pořizovací cena [USD]

Tabulka 11: Kritéria

Pro potřeby výpočtu byly varianty a kritéria opět uspořádány do tzv. kritériální matice. Přičemž tato matice zahrnuje všechny posuzované varianty a hodnoty kritérií, respektive provozní charakteristiky jednotlivých variant.

Provozní charakteristiky										
Letoun	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>
A220 - 100	63 100	829	135	21 805	2,28	1,69	6 297	12 497	15 100	81 000 000
A220 - 300	69 900	829	160	21 805	2,56	1,60	6 204	12 497	18 700	91 500 000
E190 - E2	56 400	871	114	17 048	2,83	2,48	5 280	12 500	13 500	53 600 000
E195 - E2	61 500	871	146	17 048	3,07	2,10	4 820	12 500	16 150	60 400 000
A319 NEO	75 500	871	160	26 730	2,40	1,50	6 850	12 100	13 200	101 500 000
A320 NEO	79 000	871	194	26 730	2,79	1,44	6 300	12 100	16 600	110 600 000
B737 MAX 7	80 300	839	172	26 816	2,85	1,66	7 130	12 000	20 900	99 700 000
B737 MAX 8	82 200	839	210	25 816	3,04	1,45	6 570	12 000	20 900	121 600 000

*Tabulka 12: Kritériální matice 2*

### Stanovení vah kritérií

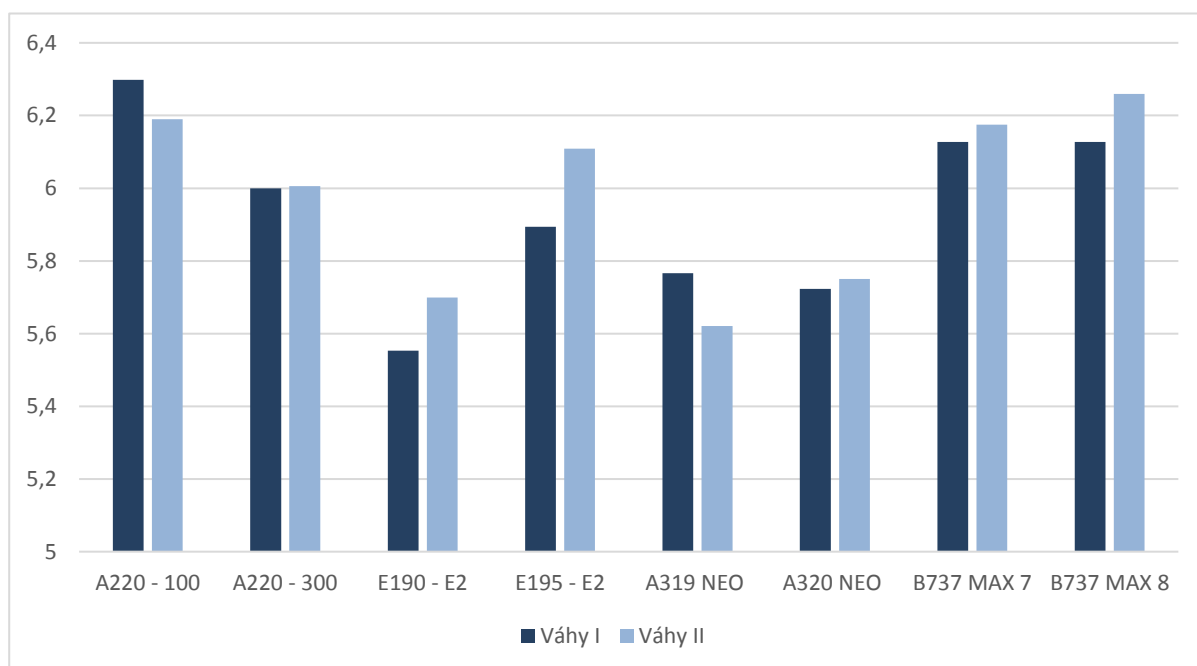
Dalším krokem multikritériálního rozhodování je stanovení vah kritérií, které představují důležitost jednotlivých kritérií. Tyto váhy již byly stanoveny v první části rozhodování pomocí Metody bodovací stupnice (Váhy I) a Saatyho metody (Váhy II). Tudíž budou využity i pro druhou část rozhodování, tak aby byly výsledky jednotlivých metod mezi sebou porovnatelné. Rovněž kritéria, dle kterých jsou jednotlivé varianty hodnoceny, zůstávají stejná, navýšil se pouze počet posuzovaných variant.

#### 4.5. Metody stanovení hodnot variant – 8 variant

Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení

Kritérium			A220 - 100	A220 - 300	E190 - E2	E195 - E2	A319 NEO	A320 NEO	B737 MAX 7	B737 MAX 8
Název	Váhy I	Váhy II								
$k_1$	0,06	0,04	9	8	10	9	7	6	6	5
$k_2$	0,02	0,02	6	6	7	7	7	7	6	6
$k_3$	0,21	0,24	6	7	4	6	7	9	8	10
$k_4$	0,04	0,03	3	3	1	1	7	7	7	7
$k_5$	0,06	0,04	10	5	2	1	8	3	2	1
$k_6$	0,09	0,09	6	6	3	4	7	8	6	8
$k_7$	0,13	0,13	7	7	5	4	9	7	10	8
$k_8$	0,02	0,02	6	6	6	6	5	5	4	4
$k_9$	0,15	0,14	5	7	4	6	4	6	8	8
$k_{10}$	0,21	0,24	6	4	10	9	2	1	2	1
Celkové ohodnocení Váhy I			6,30	6,00	5,55	5,89	5,77	5,72	6,13	6,13
Pořadí - Váhy I			1	4	8	5	6	7	3	2
Celkové ohodnocení Váhy II			6,19	6,01	5,70	6,11	5,62	5,75	6,18	6,26
Pořadí - Váhy II			2	5	7	4	8	6	3	1

Tabulka 13: Přímé stanovení dílčích ohodnocení 2

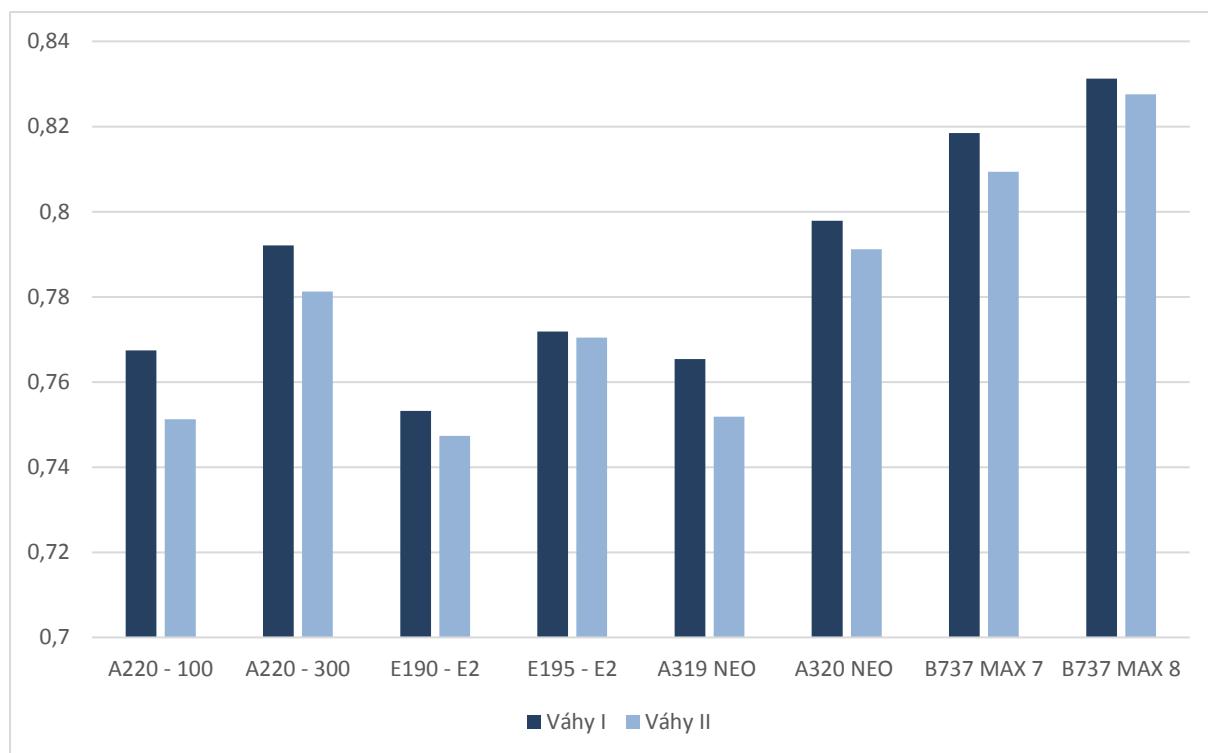


Graf 6: Přímé stanovení dílčích ohodnocení

## Metoda bazické varianty

Kritérium				A220 - 100	A220 - 300	E190 - E2	E195 - E2	A319 NEO	A320 NEO	B737 MAX 7	B737 MAX 8
Název	Váhy I	Váhy II	$x_i^*$								
$k_1$	0,08	0,04	56 400	0,89	0,81	1,00	0,92	0,75	0,71	0,70	0,69
$k_2$	0,05	0,02	871	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96
$k_3$	0,16	0,24	210	0,64	0,76	0,54	0,70	0,76	0,92	0,82	1,00
$k_4$	0,07	0,03	26 816	0,81	0,81	0,64	0,64	1,00	1,00	1,00	0,96
$k_5$	0,08	0,04	2,28	1,00	0,89	0,81	0,74	0,95	0,82	0,80	0,75
$k_6$	0,13	0,09	1,44	0,85	0,90	0,58	0,68	0,96	1,00	0,87	0,99
$k_7$	0,10	0,13	7 130	0,88	0,87	0,74	0,68	0,96	0,88	1,00	0,92
$k_8$	0,02	0,02	12 500	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,97	0,96	0,96
$k_9$	0,15	0,14	20 900	0,72	0,89	0,65	0,77	0,63	0,79	1,00	1,00
$k_{10}$	0,16	0,24	53 600 000	0,66	0,59	1,00	0,89	0,53	0,48	0,54	0,44
Celkové ohodnocení Váhy I				0,791	0,812	0,752	0,773	0,794	0,822	0,834	0,849
Pořadí - Váhy I				6	4	8	7	5	3	2	1
Celkové ohodnocení Váhy II				0,751	0,781	0,747	0,770	0,752	0,791	0,809	0,828
Pořadí - Váhy II				7	4	8	6	5	3	2	1

Tabulka 14: Metoda bazické varianty 2



Graf 7: Metoda bazické varianty

Pro naše výpočty jsme si jako bazickou variantu opět zvolili vždy tu, která dosáhla nejlepších hodnot. U kritérií výnosového typu, byly jako bazické zvoleny nejvyšší hodnoty, naopak u kritérií nákladového typu jsme jako bazickou zvolili vždy tu nejnižší. V rámci hodnocení Metodou bazické varianty lze usoudit, že nejvhodnějším letounem při porovnání všech vybraných variant je Boeing B737 MAX 8, jako druhá varianta zde vyšla kapacitně menší varianta Boeing B737 MAX 7, a na třetí příčce se umístil letoun Airbus A320 NEO.



*Obrázek 11: Boeing 737 MAX 8 [12]*

## 5. Výběr ekonomicky optimální varianty pořízení letounu

Pro výběr skutečně optimální varianty, je třeba blíže specifikovat v jakém směru je optimalita posuzována. Stejně tak důležité je zohlednit koncového zákazníka, zda se jedná o klasického dopravce nebo například nízkonákladového dopravce, u kterého hraje cena letounu zcela zásadní roli. V rámci našeho rozhodování jsme vybrané varianty hodnotili z pohledu začínající společnosti, která obsluhuje regionální sektor a jako optimální variantu jsme zvolili vždy takovou, která se při multikriteriální analýze, vzhledem ke všem posuzovaným kritériím jevila jako ta nejvhodnější. Ačkoliv výsledky jednotlivých segmentů vychází z komplexních charakteristik vybraných variant, je nutné připustit, že hodnoty těchto variant mohou mít nepatrné odchylky vlivem použitých zdrojů.

Na základě srovnání výsledků jednotlivých metod byl jako optimální letoun vyhodnocen Boeing 737 MAX 8, který jednoznačně zvítězil i v dílčích výpočtech pomocí jednotlivých metod. Na druhém místě se umístil Boeing 737 MAX 7, a jako třetí skončil Airbus A220 – 100.

Metoda		Pořadí varianty							
		A220 - 100	A220 - 300	E190 - E2	E195 - E2	A319 NEO	A320 NEO	B737 MAX 7	B737 MAX 8
Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení	Váhy I	1	4	8	5	6	7	3	2
	Váhy II	2	5	7	4	8	6	3	1
Metoda bazické varianty	Váhy I	6	4	8	5	7	3	2	1
	Váhy II	7	4	8	5	6	3	2	1
Součet		16	17	31	19	27	19	10	5
Celkové pořadí variant		3	4	8	6	7	5	2	1

Tabulka 15: Srovnání výsledků jednotlivých metod

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo provést analýzu vhodnosti použití regionálních proudových letounů Airbus A220 a Embraer E190 a jejich komparaci s klasickými proudovými letouny pro středně dlouhé tratě.

V teoretické části byl analyzován trh a nastíněn dopad současné pandemie Covid-19 na letecký byznys, který zaznamenává historicky největší pokles provozu. V souvislosti s touto situací byly aerolinie po celém světě nuceny omezit nebo zcela přerušit provoz. Některé musely odložit dodání objednaných letadel nebo objednávky stornovat. Zavedla se úsporná opatření a v nadcházejících letech lze v rámci optimalizace flotil očekávat zvýšený zájem o letouny s nižšími kapacitami a dlouhodobou ekonomickou udržitelností. Což velmi usnadní penetraci trhu výše zmíněnými letouny A220 a E190, jenž budou v rámci ekonomických parametrů s očekávaným poklesem poptávky výrazně rentabilnější než jejich stávající konkurence.

Další část této práce byla věnována charakteristice vybraných variant, v našem případě se jednalo o letouny Airbus A220 - 100, Airbus A220 - 300, Embraer E190 – E2, Embraer E195 – E2, jakožto zástupce nové kategorie regionálních proudových letounů na středně dlouhé tratě a stávající zástupce regionálního segmentu, kterými jsou Airbus A319 NEO, Airbus A320 NEO, Boeing B737 MAX 7, Boeing B737 MAX 8. V rámci této kapitoly byla též vybrána a popsána základní kritéria ovlivňující výběr letounu. Uvedená kritéria byla pro zajištění objektivitu výhradně kvantitativního charakteru, jelikož jsou pevně stanovená a lze je objektivně měřit na rozdíl od kritérií kvalitativních. Z pohledu leteckých společností bývá největší váha při výběru letounu přisuzována zejména pořizovací ceně a kapacitě letounu.

V následující kapitole byla charakterizována teoretická východiska řešení, respektive oblast multikriteriálního rozhodování, konkrétně metody stanovení vah kritérií a metody stanovení pořadí variant, které spočívají ve výběru jedné varianty ze seznamu realizovatelných variant na základě většího množství kritérií.

Na základě vstupních variant a kritérií byl pomocí vícekritériální analýzy realizován výběr nejvhodnější varianty. V první části rozhodování bylo nutné stanovit váhy kritérií. Tyto váhy byly pro zajištění objektivitu stanoveny s využitím dvou metod, a sice Metodou bodovací stupnice (Váhy I) a Saatyho metodou (Váhy II). Pro stanovení pořadí jednotlivých variant byla zvolena Metoda založená na přímém stanovení dílčích ohodnocení a Metoda bazické varianty. Do výpočtu obou metod vstupovaly Váhy I i Váhy II, a následně byly tyto metody mezi sebou porovnány.

V rámci první části rozhodovacího procesu připadaly v úvahu první čtyři varianty, jakožto zástupci nové kategorie regionálních proudových letounů na středně dlouhé tratě. S využitím Metody založené na přímém stanovení dílčích ohodnocení se jako první umístil letoun Embraer E195 – E2 a s využitím Metody bazické varianty dosáhl nejlepších výsledků letoun Airbus A220 – 300. Oba tyto letouny tudíž měly předpoklad uspět i při porovnání se stávajícími zástupci regionálních letounů na středně dlouhé tratě.

Druhá část rozhodovacího procesu již zahrnovala všechny posuzované varianty, vzhledem ke všem kritériím ovlivňujícím výběr. Tak aby bylo možno posoudit konkurenceschopnost nově přichozích letounů A220 a E190. Zde se jako nejvhodnější varianta jevila Boeing 737 MAX 8, která při rozhodování zvolenými metodami dosáhla nejlepších výsledků. Na druhém místě skončil letoun Boeing 737 MAX 7, hned za ním Airbus A220 – 100 a na čtvrtém místě skončil Airbus A220 – 300, potvrdil tak výsledek z předchozí části rozhodovacího procesu a prokázal svou konkurenceschopnost na trhu regionálních letounů.

Bohužel letouny Boeing řady 737 MAX jsou v současnosti uzemněny v důsledku softwarové chyby, která zapříčinila sérii pádů. Je tedy otázkou, kdy dojde k odstranění chyby a opětovné recertifikaci, která se může promítnout také do ceny těchto letounů. Tudíž jejich pozice na trhu je momentálně ve značné nevýhodě oproti nově přichozím letounům, které se vyznačují poměrně nízkou pořizovací cenou a dlouhodobou ekonomickou udržitelností.



## Seznam použité literatury

- [1] Letecká doprava: tržní pravidla. *Evropský parlament* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/131/letecka-doprava-trzni-pravidla#>
- [2] Global Market Forecast. *Airbus* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/aircraft/market/global-market-forecast.html>
- [3] Daily Traffic Variation. *Eurocontrol* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/Economics/DailyTrafficVariation-States.html>
- [4] PLOCH, Jindřich, Jiří PAVLOVSKÝ a Karel HOLBA. *Management leteckých podniků: způsoby pořízování dopravních letadel*. Praha: Vysoká škola obchodní v Praze, 2014. ISBN 978-80-86 841-48-9.
- [5] JANOUŠEK, Karel, Dagmar FITŘÍKOVÁ a Jiří ROD. *Letoun v podnikání*. Praha: ASPI, 2005. Otázky & odpovědi z praxe. ISBN 80-7357-143-9.
- [6] A220-100. *Airbus* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a220-family/a220-100.html>
- [7] A220-300. *Airbus* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a220-family/a220-300.html>
- [8] E190-E2. *Embraer* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.embraercommercialaviation.com/commercial-jets/e190-e2-commercial-jet/>
- [9] E195-E2. *Embraer* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.embraercommercialaviation.com/commercial-jets/e195-e2-commercial-jet/>
- [10] A319neo. *Airbus* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a319neo.html>
- [11] A320neo. *Airbus* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320neo.html>
- [12] 737MAX. *Boeing* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.boeing.com/commercial/737max/#/features>
- [13] MTOW. *Thebalancecareers* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.thebalancecareers.com/maximum-takeoff-weight-mtow-282722>

- [14] Payload-Range Analysis. *Aircraft monitor* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [https://catsr.vse.gmu.edu/SYST660/aircraft\\_payload\\_range\\_analysis\\_for\\_financiers\\_\\_v1.pdf](https://catsr.vse.gmu.edu/SYST660/aircraft_payload_range_analysis_for_financiers__v1.pdf)
- [15] Salon du Bourget. *Challenges* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [https://www.challenges.fr/salon-du-bourget/le-vrai-prix-des-avions-d-airbus-et-de-boeing\\_10040](https://www.challenges.fr/salon-du-bourget/le-vrai-prix-des-avions-d-airbus-et-de-boeing_10040)
- [16] FOTR, Jiří, ŠVECOVÁ Lenka a kol. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Ekopress. Praha. 2010. 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [17] FIALA, Petr, Josef JABLONSKÝ a Miroslav MAŇAS. *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: VŠE, 1994. 316 s. ISBN 80-7079-748-7.
- [18] Fuel economy in aircraft. *Wikipedia* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\\_economy\\_in\\_aircraft](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_economy_in_aircraft)
- [19] Embraer E190-E2. *Businessinsider* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/embraer-e190-e2-jet-tour-2018-7#hidden-behind-a-wall-of-embraer-flags-and-the-at-the-end-of-a-winding-red-carpet-is-the-e190-e2-1>

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

### Seznam obrázků

Obrázek 1: Airbus A220 – 100 [6] .....	21
Obrázek 2: Airbus A220 – 300 [7] .....	22
Obrázek 3: Embraer E190 – E2 [8] .....	23
Obrázek 4: Embraer E195 – E2 [9] .....	24
Obrázek 5: Airbus A319 NEO [10] .....	25
Obrázek 6: Airbus A320 NEO [11] .....	27
Obrázek 7: Boeing B737 MAX 7 [12] .....	28
Obrázek 8: Boeing B737 MAX 8 [12] .....	29
Obrázek 9: Odhad poskytovaných slev výrobců Boeing a Airbus pro rok 2013. [15] .....	39
Obrázek 10: Metody stanovení vah [16] .....	45
Obrázek 11: Boeing 737 MAX 8 [12] .....	61

### Seznam tabulek

Tabulka 1: Přepočítání spotřeby paliva na sedadlo .....	35
Tabulka 2: Varianty 1 .....	50
Tabulka 3: Kritéria .....	50
Tabulka 4: Kriteriační matice 1 .....	51
Tabulka 5: Bodovací stupnice .....	52
Tabulka 6: Deskriptor [16] .....	53
Tabulka 7: Saatyho metoda .....	54
Tabulka 8: Přímé stanovení dílčích ohodnocení 1 .....	55
Tabulka 9: Metoda bazické varianty 1 .....	56
Tabulka 10: Varianty 2 .....	57
Tabulka 11: Kritéria .....	57
Tabulka 12: Kriteriační matice 2 .....	58
Tabulka 13: Přímé stanovení dílčích ohodnocení 2 .....	59
Tabulka 14: Metoda bazické varianty 2 .....	60
Tabulka 15: Srovnání výsledků jednotlivých metod .....	62

## Seznam grafů

Graf 1: Růst dodávek letounů s kapacitou okolo 175 sedadel [2] .....	12
Graf 2: Pokles provozu vlivem pandemie Covid-19 [3] .....	13
Graf 3: Závislost doletu na Payloadu [14].....	36
Graf 4: Bodovací stupnice .....	52
Graf 5: Saatyho metoda.....	54
Graf 6: Přímé stanovení dílčích ohodnocení.....	59
Graf 7: Metoda bazické varianty .....	60